

UB Braunschweig 84



2246-320-1

L e h r b u c h
der
chemischen Technologie,
zum
Unterricht und Selbststudium

bearbeitet

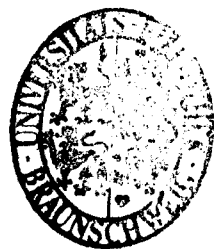
von

Dr. F. Knapp,

außerordentl. Professor der Technologie und Chemie an der Universität zu Gießen.

In zwei Bänden.

Erster Band.



Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzsichten.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1847.

Inhaltsverzeichnis des ersten Bandes.

	Seite
Einleitung	1
I. Gruppe. Auf den Verbrennungsproceß sich gründende Zweige der Technik	6
Von den Brennstoffen und der Heizung	6
Von den Brennstoffen	6
Vom Holze	7
Saftbestandtheile und Wassergehalt	7
Harte, weiche Hölzer	8
Specifisches Gewicht	9
Aschengehalt	10
Chemischer Bestand	11
Vom Torfe	11
Entstehung und Vorkommen	11
Arten des Torfes. Gewinnung	12
Aschengehalt	14
Chemischer Bestand	15
Fossile Brennstoffe der vorhistorischen Zeit	15
Entstehung	15
Einteilung	17
Braunkohlen	18
Wasser- und Aschengehalt	18
Chemischer Bestand	20
Steinkohlen. Beschaffenheit	21
Einteilung. Specifisches Gewicht. Aschengehalt	22
Chemischer Bestand	24
Anthracite	24
Beschaffenheit. Chemischer Bestand	25
Vergleichung des chemischen Bestandes der Brennstoffe	25
Verhalten in der Hitze. Verbrennung. Trockne Destillation	26

	Seite
Von der Holzverkohlung	28
Einfluß des Ganges auf die Ausbeute	29
Verkohlung unter beweglicher Decke	29
In Meilern	30
In Häufen	33
Allgemeines über Meiler und Häufenverkohlung	35
In Defen. In Gruben	36
Das Theerschwelen	37
Theerschwelen mit Kohलगewinnung verbunden	38
Schwarzhäuser Verkohlungsöfen	39
Ausbeute bei verschiednen Kohलगemethoden	39
Specifisches Gewicht der Kohlen und Beschaffenheit	40
Von der Rothkohle (charbon roux)	41
Von der Torfverkohlung. In Meilern	42
Im Ofen	43
Beschaffenheit der Torfkohlen	44
Von der Braunkohlenverkohlung	44
Ausbeute	45
Von der Verkohlung der Steinkohlen. Allgemeines	45
Abschwefeln. In Häufen	46
In Meilern	47
In Defen	48
Ofen zur Verkohlung des Grubentheils	52
Ausbeute. Beschaffenheit der Kohlen	54
Werth und Leistung der Brennstoffe	54
Maaf der Leistung (Heizkraft), calorimetrisch bestimmt	55
Heizkraft des Holzes, nach Rumford	56
Maaf der Leistung, chemisch ermittelt (Welter's Gesetz)	56
Heizkraft nach Berthier's Methode	57
" aus der chemischen Analyse berechnet	58
" für Holz	58
" für Holzkohlen, Torf	59
" für Torfkohlen, Braunkohlen	60
" für Steinkohlen, Kohlen und Anthracite	61
Luftmenge, welche die Brennstoffe zur vollkommenen Verbrennung erheischen	62
Einfluß des Wasserstoffs auf die Verbrennung. Flammenverbrennung. Kohlenverglümmung	62
Entzündlichkeit der Brennstoffe	63
Künstliche Brennstoffe	64
Von der Heizung. Allgemeines. Zimmerheizung	64
Verbreitung der Wärme und Wärmeverlust in den Zimmern	65
Theile der Heizapparate. Feuer-, Heiz-Raum und Ofen	66
Theorie der Wirkung der Ofen	67
Von den Rosten	68
Von der Heizeinrichtung insbesondere. Kamine	69
Defen	70
Unterschied zwischen Metall- und Thon-Defen	71
Massenöfen	72
Die Kanalheizung	72
Die Luftheizung	73
Die Wasserheizung	74
Die Dampfheizung	76

	Seite
Von der Leistung der Brennstoffe in der Praxis . . .	77
Darren der Brennstoffe	79
Gestoßtes Holz	80
Leistung bei der Zimmerheizung unter Dampffesseln	81
Maaß der Brennstoffe im Gr. Hessen	82
Von den Beleuchtungsstoffen und der Beleuchtung . . .	83
Allgemeine Grundsätze. Bedingungen des Leuchtens	83
Von den Beleuchtungsstoffen	85
Chemischer Bestand der Fette	86
Das Rüböl. Die Keilpresse	87
Das Baumöl	88
Das Adiaöl; der Thran	89
Läutern des Oels	90
Ausdehnung und Zähflüssigkeit der Oele	91
Der Talg. Auszuschmelzen. Reinigen	92
Läutern des Talgs	93
Vom Stearin. Begriff	94
Eigentliches Stearin	94
Gewöhnliches Stearin (Stearinsäure)	95
Chemische Scheidung des Stearins aus dem Talg	95
Das Pressen. Kalte Presse	96
Warme Presse	97
Vom Wallrath	98
Vom Wachs. Bienenwachs	99
Auszuschmelzen. Bleichen	100
Japanisches Wachs	101
Vom Fichtenharz	102
Von der Beleuchtung und den Leuchteinrichtungen . . .	103
Von den Kerzen.	
Die Talgkerzen. Gegoßene	103
Gezogene	104
Die Wachskerzen	105
Die Stearin und Wallrathkerzen	106
Allgemeines über die Kerzenbeleuchtung	107
Von den Lampen.	
Nacht- und Antiflampen	111
Küchenlampe	112
Wormserlampe	113
Studirlampe	114
Astrallampe. Argand's Brenner	115
Sinumbralempe	117
Lampe mit Sturzflasche	118
Garon's Hahn	119
Girard's Lampe	120
Philorier's Lampe	122
Pumplampe. Carcel's Uhrlampe	124
Penot's Uhrlampe	125
Celarier's Lampe	128
Dampflampen. Lüdersdorff's	129
Beale's und d'Hanen's Dampflampen	130
Reflectoren, Schirme	130
Leuchthurmlaternen	131

	Seite
Von der Gasbeleuchtung. Geschichtliches	133
Begriff von Leuchtgas	134
Steinkohlengas. Ausbeute	135
Chemischer Bestand des Kohlengases	136
Mit Bezug auf den Gang der Destillation u. d. sp. Gew.	137
Die Retorten	138
Die Retortenöfen	139
Thonretorten und Defen	141
Gang der Gasbereitung	141
Der Condensator	142
Der Kalkreiniger	143
Graham's, Benot's und Mallet's Gasreinigung	144
Delgas. Zusammenfassung mit Bezug auf das sp. Gew. und den Gang der Destillation	145
Delgasöfen	146
Verdichtbare Oele (Faraday's) aus dem Gas	147
Harzgas. Chaussonot's Apparat	147
Gas aus abgängigem Seifenwasser	149
Gas aus Thierstoffen	149
Selligue's Leuchtgas	150
Aussammlung und Reinigung des Gases.	
Der Gasbehälter (Gafometer)	151
Die Gasleitungsrohren	155
Sperrventile. Gasuhren	156
Die Gasbrenner	158
Die Regulatoren	159
Transportables Leuchtgas. Comprimirtes. Nichtcomprimirtes	160
Statistisches über die Gasbeleuchtung	161
Leistung und Werth der Beleuchtungs-Stoffe und Mittel	161
Begriff der Lichtstärke und ihre Bestimmung	162
Begriff der Leuchtkraft	163
Leuchtkraft der Kerzen	164
" " Oele	168
" " Lampen	169
(Die Liverpoollampe. Benkler's Lampe)	173
Einfluß der Dochthöhe auf die Leuchtkraft der Lampen	177
Leuchtkraft der Gase	178
Einfluß verschiedener Brenner darauf	180
Vergleich verschiedener Leuchtmittel nach ihrer Leuchtkraft	182
Anhang zu der ersten Gruppe.	
Ruß und Rienruß	185
Feuerzeuge. Streichfeuerzeug	189
Platinzündmaschine	190

II. Gruppe. Auf Gewinnung und Benutzung der Alkalien und Erden sich gründende Zweige der Technik:

Von den Alkalien (Industrie der)

Der Schwefel. Gebiegener Schwefel	193
Reinigung und Raffiniren (Michel's Apparat)	194
Schwefel aus Kiesen	196
Das Bitriolöl. Die englische Schwefelsäure. — Theoret. Gang	197
Betrieb der engl. Schwefelsäure. — Erzeugung von schwefliger Säure	198

	Seite
Die Schwefelsäure-Kammern	199
Theorie des Betriebs der englischen Schwefelsäure-Vereitung	203
Concentriren der englischen Schwefelsäure	204
Die Platinblase	205
Ausbeute. Beschaffenheit des Vitriolöls. Verunreinigung	207
Rauchendes Vitriolöl	207
Die Defen	208
Gang der Destillation und Theorie	209
Rauchendes Vitriolöl aus englischer Schwefelsäure	209
Das Kochsalz. Vorkommen	210
Gewinnung aus dem Meerwasser	211
Analysen von Seesalz	213
Das Steinsalz Gewinnung des Kochsalzes daraus	213
Verarbeitung der Salzsoolen	214
Analyse von Soolen	215
Die Gradirhäuser	216
Das Gradiren	217
Veränderung der Soole beim Gradiren. Dornenstein	219
Das Versieden. Die Siedepfannen	220
Das Stören	222
Das Soggen	223
Analysen von käuflichem Kochsalz	224
Die Mutterlauge	225
Die Soda. Natürliche Soda	225
Künstliche Soda. Geschichtliches	226
Erzeugung des Glaubersalzes	227
Die Salzsäure	229
Erzeugung der rohen Soda. (Leblanc's Proceß)	230
Das Auslaugen der rohen Soda	233
Sodasalz. Krystallisirte Soda. Andere Proceße	236
Soda aus Seepflanzen. Einäschierung	237
Varilla. Salicor. Blanquette. Varec. Kelp	238
Die Potasche. Asche der Pflanzen	239
Chemischer Bestand der Pflanzenasche	240
Welche Pflanzenaschen zu Potasche benutzt werden	246
Aschengewinnung aus Weinhefe	246
Aschengewinnung in nördlichen Ländern. Das Auslaugen der Asche	247
Eindampfen der Aschenlauge	248
Calciniren des Laugensalzes	250
Chemischer Bestand der calcinirten Potasche	251
Ermittelung des Werthes der Soda und Potasche. Alkalimeter	253
Princip der Alkalimetrie und Theorie	254
Alkalimeter von Gay-Lussac und Otto	256
Alkalimeter von Will und Kresenius	257
Resultate alkalimetrischer Proben	261
Acidimetrie	262
Der Borax. Künstlicher Borax. Die toscanische Versäure	263
Eufioni. Zumarolen. Lagunen	264
Eindampfen der Versäure-Lauge	266
Krystallisiren der Versäure	267
Chemischer Bestand der natürlichen Versäure des Handels	268
Verarbeitung der natürlichen Versäure zu künstlichem Borax	269
Krystallisation des künstlichen Borax	270
Der natürliche Borax. Zinkal	272
Der Salpeter. Begriff. Worauf seine Anwendung beruht	273
Der Chilisalpeter	274

	Seite
Gewöhnlicher Salpeter. Vorkommen	274
Salpeterbildung in gemäßigten Klimaten. Theoretische Grundsätze	277
Mauersalpeter. Salpetergewinnung in der Schweiz	278
Salpetergewinnung bei Longpont. Nach Thouvenel. In Schweden	279
Die Salpeterplantagen	280
Theorie der Salpeterbildung	282
Auslaugen der Salpetererde	286
Die Salpeterrohlaug	289
Das Brechen der Rohlaug	290
Das Versieden	291
Das Raffiniren des Salpeters	294
Darstellung des gewöhnlichen Salpeters aus Chilisalpeter	299
Prüfung des Salpeters	299
Das Schießpulver. Geschichtliches	303
Seine Wirkung, Grundsätze. Zersetzungs-Producte	303
Mischungs-Verhältniß, theoretisches	305
„ „ „ wirkliches	307
Material zu Schießpulver. Salpeter = Schwefel	308
Die Pulverkohle	309
Anfertigung des Sages. Die Pulverfirtrommeln	312
Pulvermühlen mit Stampfen	313
Pulvermühlen mit stehenden Steinen	315
Das Verdichten des Sages. Das Körnen	316
Das Körnen nach Champy. Das Glätten	318
Das Trocknen	320
Eigenschaften des Pulvers. Kraft des Pulvers	321
Die Pulverproben	327
Analyse des Schießpulvers	328
Das Scheidewasser. Begriff. Theorie der Darstellung	329
Destillation des Scheidewassers	330
In Galerien = Defen	331
In eisernen Retorten	332
Verunreinigung des Scheidewassers	333
Die Seifensiederei. Begriff. Geschichtliches	333
Rohstoffe zur Seife. Talg. Schmalz. Hanf-, Leinöl. Thran.	
Baumöl	334
Das Palmöl	336
Bleichen des Palmöls	338
Illipeöl. Galambutter	340
Cocostalg. Delsäure	341
Das Harz. Die Lauge	342
Prüfung der Lauge	345
Theorie der Seifenbildung.	346
Kern und Fluß	351
Zach-, in Platten sieden. Kern. Aufspoltern. Geschliffene, gefüllte Seife	352
Betrieb der Seifensiederei	354
Die Marseiller Baumölseife (venetianische).	354
Talgkernseife, deutsche, nach alter Art	359
Cocosnußölseife	364
Palmölseife, Harzseife	366
Schmierseife	367
Die Knochenseife	370
Bimsstein-, Sand- und Kieselseife	371
Chlorseife. Toilettenseife. Transparente Seife	373
Schaumseife. Allgemeine Bemerkungen	374
Chemischer Bestand der Seifen	376
Delsirniß.	377

	Seite
Das Glas. Geschichtliches	380
Begriff, Eigenschaften. Einfluß der Bestandtheile auf die Natur des Glases	381
Der Glasatz im Vergleich mit dem chemischen Bestand des Glases	383
Halbarkeit und Strenghlüssigkeit des Glases	384
Zähflüssigkeit und Sprödigkeit	385
Ursache der Sprödigkeit. Das Kühlen	386
Die Entglasung. Reaumur's Porzellan	387
Einteilung der Gläser	389
Chemischer Bestand der Gläser	389
Vom Glas-Material. Die Kiesel Erde	394
Kali. Natron	395
Bleioryd. Baryt	397
Verglasbare Mineralien. Entfärbungsmittel	398
Die Glasbrocken. Das Brennmaterial	399
Die Schmelzöfen	400
Die Glashäfen	402
Vorbereitung der Materialien. Das Fritten	403
Das Schmelzen	404
Die Läuterung. Das Kaltschüren	405
Fehler des Glases	406
Vom Hohlglase. Hohlglasöfen	407
Flaschenglas. Satz dazu	410
Mechanische Verarbeitung	411
Weißes Hohlglas. Satz	414
Mechanische Verarbeitung	415
Crown Glas	416
Vom Fensterglas. Eigenschaften. Satz	417
Mechanische Darstellung der Glasscheiben. Blasen der Walzen.	418
Das Strecken	420
Das Mondglas	422
Spiegel. Geschichtliches	424
Satz zu Spiegelglas. Das Einsmelzen. Häfen	425
Ofen zum Spiegelglas	426
Der Guß der Spiegeltafeln	427
Das Schleifen	429
Der Beleg	430
Das bleihaltige Glas	431
Das Krystallglas. Satz	432
Mechanische Verarbeitung	433
Vom optischen Glase. Zweck. Flintglas	435
Schwierigkeiten der Flintglasbereitung	436
Fraunhofer's, Bontemps's optische Gläser	437
Gefärbte Gläser	439
Gelb. Mit Antimon; mit Silber	440
Gelb mit Uranoryd. Roth mit Eisenoryd; mit Kupferorydul (Rubin)	441
Roth mit Gold. Goldpurpur	442
Roth mit Mangan	443
Grün. Blau	444
Die Smalte. Blaufarbenwerke	444
Die Kobalterze. Röstung	445
Die Speise. Der Satz zu Smalte	447
Das Schmelzen der Smalte. Das Mahlen und Waschen	449
Gemischte Farben. Der Strapß	451
Glasmalerei	452
Emailartige Gläser	453
Veinglas. Email	454
Einbrennen des Email	455
Aventurin	456

	Seite
Glasmosaik. Inkrustationen	457
Vergoldung. Versilberung. Verkupferung d. Glases	458
Verplatiniren. Retinirte Gläser. Glasperlen	459
Glasgespinnst.	460
Regen in Glas. Hyalographie	461
Bohren	462
Vom Wasserglas. Darstellung	463
Anwendung	464
Die Alaun- und Vitriolsiederei. Begriff. Praktische Bedeutung	466
Gewinnung des Alauns aus Alaunstein	467
Gewinnung des Alauns aus Alaunetz.	469
Röstung der Alaunerge	471
Auslaugen der gerösteten Erze	473
Alaunrohlauge	474
Verfieden der Rohlauge	475
Das Wehlmachen	477
Das Krystallisiren	480
Mutterlauge. Ausbeute. Alaun aus thonerdehaltiger Felsarten: aus Thon	481
Alaun aus Feldspath. Eigenschaften des Alauns. Verunreinigung	482
Kubischer Alaun. Neutraler Alaun. Schwefelsaure Thonerde des Handels	483
Vom Eisenvitriol	484
III. Gruppe. Die Thonwaaren	487
Vom Thone. Begriff; Bildung der Thone	487
Eigenschaften des Thones	492
Eintheilung der Thone und Charakteristik der verschiedenen Thone	494
Verschiedenheit und Eintheilung der Thonwaaren.	498
1) Vom Porzellane. Geschichtliches	500
a) Fritteporzellan. Französisches	501
Englisches	502
b) Aechtes Porzellan. Natur der Masse; der Glasur	504
Chemischer Bestand der Masse. Rohstoffe; der Kaolin	505
Aufbereitung des Kaolins	506
Kreide. Gyps. Scherben. Die Mühlen	507
Mischung der Masse	508
Das Trocknen der Masse	509
Trocknen durch Absorption; durch Pressen; durch Luftdruck. Weitere Vorbereitung	510
Faulen der Masse. Das Formen; auf der Scheibe	511
In Gypsformen	513
Mit der Chablone	514
Durch Pressen. Durch Gießen	515
Abdreheln und Nachbessern	517
Das Trocknen der Waaren. Die Glasur	518
Das Glasiren	519
Die Ofen zum Brennen	520
Doppelöfen. Der Brennstoff	524
Das Einsetzen in Kapseln. Masse der Kapseln	525
Form der Kapseln (Regnier's Methode des Einsetzens)	526
Die Feuerung des Ofens	529
Entleerung des Ofens	530
Die Schwinbung. Dichtigkeit	531
Chemischer Bestand der Porzellanmasse. Porzellanmalerei	532
Vergoldung. Einbrennen	534
Lithophanie. Allgemeine Bemerkungen	535

	Seite
Das Steinzeug.	536
Das Material	537
a) Keines Steinzeug	537
Mischung. Vereitung der Masse	538
Glasur	539
Utzschneider's feines Steinzeug. Gefirnißtes	540
b) Gemeines Steinzeug	540
Zusammensetzung	541
Das Formen	542
Der Brand	543
Glasur	544
Gemeines Steinzeug in Deutschland	545
Gemeines Steinzeug in England	546
3) Die Fayence. Geschichtliches	546
Charakter	547
a) Die feine Fayence. Material	547
Bloßmühlen	548
Einsiechen der Masse	549
Die Thonmühle. Das Formen	550
Das Brennen	552
Das Einsiechen	553
Das Glasiren	554
Die Feuerung	555
Drucken auf feines Fayence	556
Malen. Angießen	558
Lustres	559
Kölnische Pfeifen. Masse. Formen	560
Einsiechen und Brennen	561
b) Gemeine (emailirte Fayence)	562
Mischung; Eigenschaften der Masse	562
Der Brand Die Defen	563
Einsiechen. Feuerung	564
Ofenacheln	565
Braunes Fayence	567
4) Ordinäre Töpferwaaren. Geschichtliches	567
Bestimmung und Natur	569
Masse. Glasur	570
Ofen	572
Kassartige, große Gefäße. Kuhlkrüge	573
Thonerne Röhren	574
5) Steine aus Thon. Geschichtliches	575
Zweck und Material	576
Auswahl des Thones. Eigenschaften guter Steine	577
Aufbereitung des Thones	580
Schleimmaschine	581
Das Formen aus der Hand	582
Das Formen mit Maschinen	583
Das Trocknen. Das Formen der Dachziegel	585
Das Brennen	586
Die Defen, liegende geschlossene	587
Offene Defen	589
Stehende geschlossene Defen Die Feldbrennerei	591
Form der Backsteine. Pressziegel	593
Glasirte Ziegel Farbe der Ziegel	594
Leichte oder schwimmende Ziegel	595
6) Feuerfeste Thonwaare. Begriff von »feuerfest«	596
Bestandtheile	597
Einfluß der Zusätze zum feuerfesten Thon	598

	Seite
Chemischer Bestand der feuerfesten Thone; der Massen	599
Thönerne Gasretorte	600
IV. Gruppe. Vom Kalk, Mörtel, Gyps	602
Bedeutung des Kalkes	602
Vom Luftkalk. Vorkommen und Eintheilung der Kalksteine	603
Chemischer Bestand der Kalksteine	606
Verhalten des Kalkes in der Hitze	608
Das Kalkbrennen. Bei Rodheim (Gießen)	609
Defen bei Braunschweig. Defen mit ununterbrochenem Gang	611
Kalkofen von Niedersdorf	613
Allgemeine Bemerkungen über die Defen	617
Ausbeute und Schwindung des Kalkes	618
Einfluß der Feuchtigkeit beim Brennen	618
Chemische Veränderung beim Brennen	620
Löschten des Kalkes	621
Wärmeentwicklung beim Löschten. Gedeihen	622
Einsumpfen. Kalkwasser	623
Vom Luftmörtel. Bedingungen des Festwerdens	624
Mischungsverhältniß. Zeit der Erhärtung	625
Ursachen der Erhärtung. Anziehen von Kohlensäure. Silicatbildung	626
Ursache der Erhärtung. Krystallisation	627
Vom hydraulischen Kalk. Chemischer Bestand der hydr. Kalksteine	629
Einfluß der Bestandtheile auf einander	631
Verlauf der Erhärtung	632
Einfluß des Brennens auf die Erhärtung	633
Brennen. Theorie der Erhärtung	634
Einfluß der Kiesel Erde; des Thones	635
Einfluß des Eisens; der Thonerde an sich; der Bittererde	636
Einfluß der Alkalien	637
Einfluß des Manganoxyds	638
Künstlicher hydraulischer Kalk. Traß	638
Die Puzzolane	639
Thon als Cement	640
Andere Stoffe als Cement	641
Römischer Cement. Praktische Bemerkungen	642
Hydraulische Frescomalerei	645
Vom Gyps. Begriff. Vorkommen	645
Eigenschaften	646
Das Brennen; des Stuccaturgypses	647
Das Brennen in Backöfen; bei Paris	648
Das Brennen mit Steinkohlen	649
Das Brennen nach Scanegattly	650
Uebstände beim Brennen. Das Mahlen. Das Gießen	651
Gießen der Formen. Stucco	653
Das Härten des Gypses	654

Einleitung.

Die Bezeichnung »Technologie«, zuerst von Beckmann (1772) auf den Begriff der Technologie. Zweig des Wissens angewendet, welchen dieses Werk zum Gegenstande hat, umfaßt in ihrer wörtlichen Bedeutung die systematische, auf ihre rationelle Grundlage zurückgeführte Erkenntniß (den λογος, logos) aller gewerblichen Verrichtungen (der τεχνης, technes). Unter diese — Gewerbe im weitern Sinne — ist jede Beschäftigung zu rechnen, welche die Befriedigung unserer physischen Bedürfnisse durch Erzeugung der dazu erforderlichen Gegenstände zum Zweck hat, gleichviel ob jene unmittelbar in der Natur gelegen, oder aus dem geselligen Zusammenleben erst nach und nach hervorgegangen sind.

Wiewohl die Natur in ihrer Ueberschwenglichkeit Alles bietet, von dem Wenigen an, was die einfache Lebensart des jagenden Indianers bedarf, bis zu dem, was der speculirende Luxus des civilisirten Europabewohners an Bedürfnissen hinzuerfunden hat; so hat es doch eine höhere Weisheit angemessen gefunden, ihn die gegönnten Schätze nur durch das Opfer unermesslicher Arbeit erringen zu lassen. Nur wenige Dinge finden sich so, wie man sie gerade braucht; es ist daher die wahre Aufgabe der Gewerbe, die rohen Naturstoffe durch Arbeit so umzugestalten, daß sie den Bedürfnissen des Lebens angepaßt werden.

Das Materielle in der Natur, in welcher Körperlichkeit es auch erscheinen mag, ist in seinem ganzen Dasein und seiner Veränderlichkeit ewig unwandelbaren Gesetzen unterworfen, welche die menschliche Befähigung zwar mit mehr oder weniger Geschick zu ihren Zwecken benutzen, niemals aber antasten oder verrücken kann. Jede Umgestaltung von Stoffen, wie sie zur Wesenheit der Gewerbe gehört, ist daher strenge in die Marken dieser Naturgesetzmäßigkeit gebannt; alle Erscheinungen, welche in der Körperwelt vor sich gehen, stehen unter ihrer Botmäßigkeit und das Studium dieser Erscheinungen, die Naturkunde, hat die Ausmittlung der Naturgesetze zum nächsten Zweck.

Schon seit längerer Zeit hat der Geschäftsgang der praktischen Naturforschung dieses Studium gleichsam in zwei Bureaux vertheilt, von denen sich das der Physik und ihrer Zweige (insbesondere der Mechanik) mit den mehr äußeren Erscheinungen der Formveränderungen, das der Chemie dagegen mit dem ihre innere Natur betreffenden Verhalten befaßt.

Begriff der
Technologie.

Die Grundbedingungen, worauf die gewerbliche Verarbeitung von Stoffen beruht, sind demnach nichts anderes, als dieselben Erscheinungen und Gesetze der Körperwelt, welche die Chemie und Physik zu erforschen sich unablässig bemüht, und diese Verschiedenheit der Grundlagen ist es, welche die Gewerbe in 2 Classen zerfallen macht; die mechanischen, welche den Rohstoff nur der Form nach, (Faser in Gespinnst, Eisen in Blech *zc.*) und die chemischen, welche ihn seiner innern Körperlichkeit nach (Sand, Potasche, Kalk in Glas, Kochsalz in Soda; Haut in Leder *zc.*) umwandeln.

Eintheilung
der Techno-
logie.

Auf gleiche Weise haben die Gelehrten das ungeheure Material des Gewerbewesens in seiner wissenschaftlichen Behandlung zu trennen angefangen: in chemische Technologie und mechanische. Eine Trennung, welche mehr in der Beschränktheit des Einzelnen, als in der Natur der Sache liegend, genau genommen unausführbar ist. Es giebt schwerlich ein Gewerbe, welches ausschließlich auf chemischen oder rein auf mechanischen Grundsätzen beruht; die Ausübung wählt den Weg, den sie zur Umgestaltung der Rohproducte einschlagen muß, keineswegs nach der Wissenschaft, welcher das anzuwendende Princip zukommt, sondern lediglich nach dem jedesmaligen Zweck. Nichts destoweniger bietet diese Trennung, mit Umsicht ausgeführt, sowohl dem Lernenden als dem Lehrer dadurch Vortheil und Erleichterung, weil sie das Gleichartige, auf Grundsätzen derselben Art Beruhende zusammenstellt und von demjenigen trennt, was nur durch Hülfkenntnisse andrer Art zum klaren Verständniß gebracht werden kann. Darum nun, weil eine rigurose Trennung des mechanischen Theils von dem chemischen durch eine gezwungene und endlose Zersplitterung die Anschaulichkeit des Bildes mit der Klarheit der Darstellung gänzlich vernichten würde, sucht man diese zu vermeiden und begreift unter mechanischer Technologie den Inbegriff des Wissens, was sich vorzugsweise auf mechanische, und unter chemischer Technologie dessen, was sich ebenso auf chemische Grundsätze stützt.

In der wissenschaftlichen Behandlung des Gewerbewesens haben die verschiedenen Autoren der technologischen Literatur abweichende Richtungen verfolgt. Für diejenigen — den niedern Unterricht — welchen es genügt, die Gewerbe nur als ein in der Aufeinanderfolge ihrer eigenthümlichen Operationen getreues Bild, ohne weitere Nachweisung der Gründe ihres Erfolgs, vor Augen zu haben, hat man die Gewerbe mit ihrem Verfahren der Wirklichkeit getreu geschildert; dies ist die empirische Technologie. Denjenigen aber, welche neben der Kenntniß der praktischen Ausübung vorzugsweise Einsicht in die leitenden wissenschaftlichen Erscheinungen und Gesetze, als den Schlüssel des Ganzen, wünschen, welche neben der Sache die Erklärung bedürfen, ist die rationelle Darstellung die einzig angemessene. — Endlich kann der Gang dieser Behandlung der Art sein, daß sie den Stoff nach der Gleichheit oder Aehnlichkeit der vorkommenden Manipulationen, Vorgänge, Proceßse oder Werkzeuge anordnet, gleichgültig, welchem Gewerbebranche sie angehören, z. B. Gießen, Walzen, Mittel zum Trennen, Aneinanderfügen der Metalle, des Holzes — die allgemeine (vergleichende Technologie); oder sie giebt die Umgestaltung der Stoffe in derselben Folge wieder, wie sie in der Wirklichkeit vorliegt, ohne Unterbrechung ihrer natürlichen Folge, z. B. die Bierbrauerei, Eisengewinnung, — specielle Technologie. —

Der Gegenstand dieses Werkes ist nun die chemische Technologie in dem oben ausgesprochenen Sinne, in der Behandlung rationell, im Gange der speciellen Technologie zugehörig, also eine auf wissenschaftliche Grundsätze zurückgeführte Darstellung der vorzugsweise chemischen Gewerbe. Bei dem Mangel an innerem Zusammenhang, an logischem Organismus, welcher die Technologie in den Cyklus der wahren Wissenschaften strenge genommen nicht mehr zuläßt, bleibt die innere Anordnung des Stoffes, welchen Gang man im Allgemeinen befolgen mag, stets etwas Willkürliches und dem Autor überlassen. Was die specielle Technologie anlangt, so entnehmen Einige die verschiedenen Zweige nach den einzelnen Gewerben, die sich im Leben constituirt haben (Brennerei, Gerberei, Eisenhütte). Anderen dient die Natur der verarbeiteten Rohstoffe (Verarbeitung der Eisenerze, des Getreides, der Häute), noch Anderen endlich die Qualität der Erzeugnisse, (z. B. Lederbereitung, Branntwein-gewinnung, Darstellung des Roheisens), zur Richtschnur bei der Eintheilung. In diesem Werke schließt sich die Darstellung mehr der letztern Weise an, ohne sich streng zu binden. Die einzelnen Gewerbe, so weit sie wegen ihrer geringern Bedeutung nicht ausgeschlossen bleiben mußten, sind zu einer Anzahl Gruppen zusammengestellt, deren Glieder theils durch den gemeinsam zu Grunde liegenden Proceß (der Verbrennung, der Gährung z. B.), theils durch ein gewisses In-einandergreifen in der industriellen Praxis mit einander verkettet sind.

Eintheilung
der Techno-
logie.

Die wissenschaftliche Behandlung des Gewerbewesens setzt eine Entwicklung desselben voraus, welche die Zeit langsam und mit großen Schmerzen aus sich geboren hat. — In dem vorchristlichen Alterthum, wo Tugend und Tapferkeit keine verschiedenen Begriffe waren, galt die Wahrhaftigkeit des Mannes über Alles und die gewerbliche Beschäftigung als ein entehrendes Zurückziehen vom Waffenwerk, welches nach der damaligen Sitte nur den Knechten geziemte. Als bedeutsame Ausnahme läßt uns dagegen die Uebersieferung die Helden am Pfluge finden; auch besingt Homer die Königin am Webestuhle und die Häuslichkeit der Königstochter bei der Wäsche am Fluß. Der Adel und der Clerus des Mittelalters, der eine für den Kriegsdienst, der andere für die Interessen des Glaubens in Anspruch genommen, verschmähten die Gewerbe mit dem Ackerbau und machten Beides zur Sache der Leibeigenen. Die Industrie, kümmerlich auf dem Boden der feudalen Abhängigkeit gedeihend, fand endlich Zuflucht und Sicherheit unter den Freien, die sich hinter festen Mauern gemeinschaftlich gegen die Bedrückung des Adels und der Zeit in Städten verschanzten, Binnensefestungen des Reichkörpers gegen seine eigenen Glieder. Mit der Erstarkung der Städte in sich und unter sich durch Bündnisse (Hansa, ic.) in gleichem Schritte bildeten sich die Gewerbe aus, als ihr wahres Mark, gleichmäßig gefördert durch Schutz nach Außen, wie durch innere Freiheit und Gleichstellung des einzelnen. Hier in den Städten findet sich der Gewerbestand zuerst in der Geschichte den übrigen Ständen gegenüber in der Anerkennung und Würdigung, welche er sich selbst im Bewußtsein der eigenen Kraft und seines Gewichtes verschafft, eine Anerkennung, welche ihm die freiere Denkweise der Jetztzeit, als Gesamteigenthum der gebildeten Völker, nirgends mehr versagt. Als bald strebte der mit dem Wohlstand gestiegene Einfluß der Gewerbetreibenden auf die städtische Verwaltung, bei dem

Entwicklung
der Technik
und der
Technologie.

Drang der Zeiten, dem Mangel an Communicationsmitteln, so wie dem unzureichenden Handel, welche wenig oder keinen Abfluß ihrer Erzeugnisse nach Außen gestattete, nach einer Garantie gegen schädliche Uebersetzung und Concurrenz. Diese, zugleich aber auch das Bedürfnis nach Regelung und sicherer Leitung ihrer inneren Angelegenheiten, gab den Zünften ihre Entstehung, als einer Gestaltung der Gewerbe, welche in der gegenwärtigen Zeit — weniger aus sich, als vielmehr durch eine in der Reform der Zeiten gelegene Beseitigung der äußern Nothwendigkeit ihrer Entstehung — allmählig in ihrer Bedeutung und endlich in ihrer Form zerfiel und noch zerfällt. Bei alle dem wohlthätigen Einfluß, den diese Einrichtung durch Gründlichkeit in der Ausübung und Erlernung der einzelnen Gewerbe, durch gleichmäßige Vertheilung des Wohlstandes und durch die starke sittliche Grundlage, worauf das Ansehen des bürgerlichen Gewerbestandes fußte, auch unverkennbar ausgeübt hat; bei alledem war doch die schroffe Abgeschlossenheit der Corporationen mit ihren Streitigkeiten über die inneren Grenzen des gewerblichen Gebietes, ihren ceremoniellen Mißbräuchen und ihrer theils unzweckmäßigen Verwendung, theils gänzlichen Nichtbenutzung der Arbeitskräfte, eine schwere Hemmnis des Fortschrittes. — Das 15. Jahrhundert erschien und brachte mit seinen weltgeschichtlichen Erfindungen den Wendepunkt der geselligen und politischen Zustände. Der Wegweiser der Meere, die Auffindung des Seeweges nach Ostindien und des amerikanischen Continents emancipirte Schifffahrt und Handel, das Aufkommen der Feuerwaffen reformirte die Kriegsführung. Unter dem Verhältniß zwischen Adel, Städten und Land wich der Boden. Das Große, was die späteren Jahrhunderte und das unserige geboren, ward keineswegs in politischen Reformen allein gezeugt. Dem geistigen Verkehr fehlte der Compaß, die weiten Räume seines Reiches sicher zu durchmessen. Bis dahin — und das ist das Wahrzeichen der früheren Zeiten — hatte der Erfindungsgeist keinen andern Bundesgenossen, als die reife Erfahrung und den praktischen Tact, die sich ohne Frage großer und bewunderswerther Leistungen rühmen können, aber auch einer Zeit von viel hundert Jahren bedurft haben. Was einzelne hervorragende Geister in der Erkenntnis errungen, blieb dem Einzelnen oder Wenigen und — weil dem Gedanken die Straße der Mittheilung nicht eröffnet — ohne Wirkung und Einfluß auf die Gesamtheit. Endlich erdachte man den Bucherdruck und mit ihm ergoß sich das Wissen durchdringend und befruchtend in Volk und Leben. — Das aufgegangene wissenschaftliche Bewußtsein hob die befangene Scheu vor der geheimnißvollen Natur und die Forschung betrat das neue Gebiet mit reißendem Erfolg.

Ehe aber das Werk des Friedens sich vollenden konnte, drängten die wichtigeren Interessen der Religionsmeinung in ihrem Kampf mit Feder und Schwert die des gewerblichen Lebens weit in den Hintergrund. Der 30jährige Krieg nahm für eine geraume Zeit Saat und Ernte mit sich fort, bis der kommende Friede dem Bau der Gewerbe einen neuen Grundstein legte — den der Lauf der Zeit aufs neue untergrub. Das politische Bewußtsein allgemach erstarkt, gebär Meinungsverschiedenheiten seiner Art und bewaffnete seine Parteien, die Gewalt war der erwählte Weg, auf dem sie sich zerstörend Geltung verschafften. Die Revolution, als stille, aber nicht minder eingreifende Reform in unseren

Tage nachwirkend, warf schonungslos zur Seite, was von den Ueberlieferungen der Vorzeit sich dem Geiste der Jetztzeit nicht anpassen ließ. In der Gleichstellung und Vertretung der Bürger, in der Gewerbefreiheit, der Umgestaltung des Zollwesens und den übrigen segensreichen Institutionen fand die neuere Industrie den Boden für ihre starken Wurzeln. Nach langem Kampfe pflegte der lange Friede die Wissenschaft und mit ihr die Industrie; denn das ist das Wahrzeichen unserer Zeit, daß die Wissenschaft dem Leben gehört in allen seinen Gestalten und daß der Fortschritt der einen auch neue Regung des andern gebiert. —

Entwicklung
der Technik
und der Tech-
nologie.

In Folge seiner geschichtlichen Entwicklung hat sich das Gewerbewesen weit von seinem frühern Standpunkte entfernt und ohne Zweifel darüber erhoben. Als Quelle des öffentlichen Wohlstandes zur breiten und sichern Basis der Staatskräfte geworden, ist es der erste Gegenstand der Pflege und des Schutzes jeder einsichtsvollen Regierung. Die Kräfte und der Wohlstand eines Landes liegen aber neben seinen natürlichen Vorzügen, hauptsächlich in den Händen seiner Industrie, d. i. in der verständigen und umsichtigen Benützung dieser Vortheile. Dies ist die nächste wichtige Aufgabe der Industrie, aber nicht ihre höchste und eigentliche. Die bloße Verbesserung der zeitlichen Umstände einzelner Individuen, oder deren Gesammtheit, wäre bei aller seiner Wichtigkeit immerhin ein untergeordneter Zweck, wenn nicht sein wahrer Inhalt darin bestände, die Menschen freier zu machen von der Last des Tages und den Sorgen des Daseins — für ihre sittliche und geistige Veredlung. Vor allen ist aber die Wissenschaft und die der Natur besonders berufen, in diesem Sinne der Praxis als sichere Leiterin zu dienen; das Zusammenwirken von beiden hat Unglaubliches geleistet und das ist gerade die bedeutungsvolle Neuerung und die wahre Größe der jetzigen Industrie, daß sie angefangen hat, den alten Fluch der physischen Arbeit von dem Geschlechte abzuwälzen, und die Naturkräfte zwingt, für sie einzustehen im Joch, ein rüstiger, aber unfreiwilliger Helfer. Um den schweren Theil der Arbeit, den man Wasser, Dampf, Wind und Maschinen aufgebürdet hat, sind die Menschen erleichtert, um für edlere Zwecke thätig zu sein.

und deren
Zweck.

Der materielle und der höhere Zweck des Gewerbewesens vereinigen sich also, da man sich einmal der physischen Anforderungen des Daseins nicht entäußern kann, in der Frage: wie die gegebene nothwendige Leistung mit dem geringsten Aufwand von Arbeit oder Kraft könne vollbracht werden. Der Schlüssel dieser Frage liegt aber in den Archiven der Wissenschaft verwahrt und muß das stete Ziel sein, worin alle Bestrebungen convergiren, durch Auffuchung und Erläuterung der Gesetze derselben den Gewerben festere und wirksamere Stützpunkte anzureihen.

Erste Gruppe.

Auf den Verbrennungs-Process sich gründende Zweige der Technik.

Wenn die chemische Verbindung zweier Körper unter Entwicklung von Licht und Wärme vor sich geht (wie des Antimons und Chlors, Kupfers und Schwefeldampfs etc.), so nennt man diesen Act ganz allgemein eine **Verbrennung**. Der häufigste Fall und der, den man seit den ältesten Zeiten als Wärme- und Lichtquelle technisch ausgebeutet hat, ist derjenige, wo überhaupt dazu disponirte Körper der energischen Action des an allen Punkten der Erdoberfläche vorhandenen, atmosphärischen Sauerstoffs unterliegen. In der Ausübung wird der fragliche Process nun von zwei zu trennenden Gesichtspunkten ausgebeutet. Entweder nämlich wird die Verbrennung bewerkstelligt, um **Wärme**, dies ist der Fall der **Heizung**, oder um **Licht** zu erzeugen, im Fall der sogenannten **Beleuchtung**. Die Natur des chemischen Processes und der betreffenden Stoffe, so wie in den meisten Fällen die praktische Anforderung machen es unmöglich, beide Zwecke mit Vortheil durch denselben Act zu erreichen; Beleuchtung und Heizung bilden deshalb zu einer und derselben Gruppe gehörige, aber doch gesondert auszuübende und ebenso zu betrachtende Zweige des gewerblichen Lebens.

I) Von den Brennstoffen und der Heizung.

Von den
Brennstoffen.

Beinahe für alle technischen Verrichtungen ist die Anwendung künstlicher Wärme eine unabweisbare Bedingung und es bilden mithin die Mittel, dieselbe hervorzubringen, geradezu die Basis des Gewerbewesens und sind als solche für die äußere Wohlfahrt des Staates von der allerhöchsten Wichtigkeit. Es ist eine Thatfache, daß z. B. die politische Macht Großbritanniens auf der hohen Entwicklung seiner Industrie beruht und somit von dem Reichthum an jenen Mitteln, woran es das übrige Europa übertrifft, direct abhängt. Die eigentliche Substanz des Pflanzenkörpers (der baumartigen Pflanzen insbesondere) in allen Zuständen, in denen er sich auf oder in der Erde vorfindet, hat sich vor allen anderen, sowohl durch die Leichtigkeit, womit er die Verbrennung eingeht, als auch durch seine große Verbreitung und fortwährende Erzeugung, als tauglich gezeigt. Insofern nun die aus demselben hervorgegangenen Veränderungsproducte oder dieser selbst zur Erzeugung von Wärme im ganzen Umfange des praktischen Lebens angewendet werden, nennt man sie **Brennstoffe**. Es gehören dahin: Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, die als solche natürlich vorkommen, und Holz =

Kohle, Torfkohle, sowie Kohls von Braun- und Steinkohlen, welche künstlich erzeugt werden.

Stamm, Wurzeln und größere Aeste der baumartigen Gewächse werden Vom Holz. schlechtweg Holz genannt. Man hat darin dreierlei Stoffe zu unterscheiden: zunächst die Holzfaser, eine aus Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff zusammenge setzte Verbindung, welche die Zellen und Gefäße der Pflanze constituirend, schon darum die Hauptmasse des Holzes ausmacht; ferner die in den Gefäßen enthaltenen Saftbestandtheile und endlich das Wasser desselben. Frisch gefälltes Holz muß nothwendig alle drei Stoffe enthalten. Nur die beiden ersten sind der Verbrennung und Wärmeerzeugung fähig, nicht so das Wasser, welches sogar beim Brennen des Holzes einen Theil der Wärme zu seiner Verdampfung in Anspruch nimmt und der Benutzung entzieht. Da Holzfaser und Wasser allen Holzarten gemeinschaftlich sind, so kann die erfahrungsmäßige Verschiedenheit derselben nur von der Natur der Saftbestandtheile und der Structur (Dichte) abhängen. So abweichend auch, chemisch betrachtet, die im Saft enthaltenen Stoffe sind (die Nadelhölzer führen harzige; Buchen, Birken extractive; Eichen gerbstoffreiche Säfte), so hat doch die genaue Analyse getrockneter Hölzer Quantitäten der drei Bestandtheile zu erkennen gegeben, welche von den in der reinen Holzfaser gefundenen nur um Geringes abweichen, d. h. die Saftbestandtheile machen nur einen sehr kleinen Theil der Masse des Holzes aus, doch ist ihre Wirkung in der Praxis noch deutlich wahrnehmbar. — Bei weitem bedeutender und einflussreicher ist der Wassergehalt der Hölzer. Im Allgemeinen wird derselbe am höchsten sein in der Zeit des Safttriebs und umgekehrt in der Stillstandsperiode der Vegetation am niedrigsten, aus welchem Grunde das Holz immer in dieser Periode geschlagen werden soll, wenn nicht Gründe anderer Art, wie sehr häufig, überwiegen. Dahin gehört: wichtige Nebennutzungen, wie der Lohrinde, bergiges, mooriges oder sonst schwieriges Terrain u. Wenn auch der Wasser- (Saft-) Gehalt des Holzes in den verzweigten Theilen des Baums größer, als in den solideren des Stammes, sowie nach Jahreszeiten verschieden sein muß*), wie von selbst einleuchtet, so ist derselbe doch bei sonst gleichartiger Beschaffenheit in den verschiedenen botanischen Arten ungleich, wie die folgenden (von Schübler und Hartig gefundenen) Zahlen ausweisen:

100 Gewichtstheile frisch gefällten Holzes von

	Wasser		Wasser
Hainbuche (Carp. betul.) enthalten	18,6	Kiefer (P. sylvestr. L.) enthalten	39,7
Saalweide (Sal. caprea)	26,0	Rothbuche (Fagus sylvat.)	39,7
Ahorn (Ac. pseudoplat.)	27,0	Eiche (Betul. alnus)	41,6
Vogelbeere (Sorb. aucupar.)	28,3	Espe (Popul. tremula)	43,7
Eiche (Fraxin. excelsior)	28,7	Ulme (Ulmus campestr.)	44,5
Birke (Betula alba)	30,8	Rothtanne (P. picea Dur.)	45,2
Nehlbeere (Crataeg. torminal.)	32,3	Linde (Tilia europaea)	47,1
Traubeneiche (Querc. robur)	34,7	Ital. Pappel (Pop. dilatata)	48,2
Stieleiche (Q. pedunculata)	35,4	Lärche (Pin. larix)	48,6
Weißtanne (Pin. abies dur)	37,1	Baumweide (Pop. alba)	50,6
Roskastanie (Aescul. hippocast.)	38,2	Schwarzpappel (Pop. nigra)	51,8

*) Das Holz der Pin. abies gab im Januar 53, im April 61, das der Frax. excelsior im Jan. 29, im April 39.

Vom Holze.

Bei frisch geschlagenen Hölzern ist also $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ und bei den gebräuchlichsten Brennholzern über $\frac{1}{3}$ des Gewichtes bloßes Wasser, eine Quantität, welche sich übrigens durch das bloße Aufbewahren in der Luft, Schutz vor Nässe vorausgesetzt, beträchtlich vermindert, ohne jemals vollkommen zu verschwinden. Die Neigung der Luft, Wasserdampf in sich aufzunehmen, die das Trocknen des Holzes bewirkt, kommt nämlich allmählig mit der hygroskopischen Beschaffenheit des Holzes, welche im Gegentheil dasselbe zur Aufnahme von Feuchtigkeit befähigt, in ein gewisses Gleichgewicht, von wo aus kein weiteres Trocknen stattfindet und die Quantität des noch rückständigen Wassers in ziemlich engen Grenzen unveränderlich bleibt. In diesem Gleichgewichtszustande, in welchem das Holz allein verwendet wird, nennt man das Holz lufttrocken. Es gelingt nur mit Hülfe der Wärme, den Rest der Feuchtigkeit auszutreiben, aber selbst dann noch so schwierig, daß der Punkt, wo der letzte Antheil Wasser weggeht, zusammenfällt mit dem der anfangenden Zersetzung des Holzes; es beginnt alsdann bereits sich zu bräunen. Als Rumford die nachstehenden vollkommen lufttrocknen Holzarten so lange bei 136° C. trocknete, als noch Gewichtsverlust ohne eintretende chemische Aenderung stattfand, so verloren 100 Gewichtstheile:

Eichenholz 16,64 % Buchenholz 18,56 % Tannenholz 17,53 % Lindenholz 18,79 %
 Ulmenholz 18,20 " Ahornholz 18,63 " Birkenholz 19,38 " Pappelholz 19,55*).

Die Praxis läßt meistens ein so vollkommenes Trocknen nicht zu, so daß die Brennholzer, 10 bis 12 Monate der Luft ausgesetzt 20, sogar bis 25 % Wasser enthalten. Die erstere Zahl als Mittelwerth gesetzt, hat man bei lufttrocknem Holze im Centner eigentlich nur 80 Pfund wahren Brennstoff. Mehrere Jahre altes Holz, 6 Monate in einem geheizten Zimmer aufbewahrt, zeigte immer noch ungefähr 17 % Wassergehalt (Winkler **). — Im Leben unterscheidet man die sogenannten harten Hölzer von den weichen, ein Unterschied, der sowohl in ihrer Bearbeitungs- als Heizfähigkeit wohl begründet ist. Die ersteren, wozu man Eichen-, Rothbuchen-, Weißbuchen-, Birken-, Ulmen- und Erlen-Holz rechnet, haben engere und dichter zusammenliegende Gefäße, umfassen also bei gleichem Umfange mehr feste Holztheile, als die weichen, welchen die Kiefer, Tanne, Fichte, Lärche, Linde, Weide und Pappel zugezählt werden. Arme, zu hoch gelegene oder dem Wetter zu sehr ausgesetzte Standorte bewirken, daß sich die Jahrringe überhaupt in geringerer Dicke ausbilden und folglich enger in demselben Raume zusammenlagern, als es bei dem Holze geschützter, ergiebiger Ebenen der Fall ist. Das eigenthümliche Gewicht der Hölzer muß nothwendig mit deren Härte in einem gewissen Zusammenhange stehen und mit dieser zunehmen. Aus diesem Grunde und weil seine Kenntniß dem Praktiker wichtig ist, haben mehrere Experimentatoren diesem Gegenstande ihre Aufmerksamkeit zugewendet. Die Natur des Holzes, als eines nicht homogenen Körpers, dessen spe-

*) Auf diese Art (bei 136°) von allem Wasser befreit und in Spänen der Luft ausgesetzt, zogen dieselben Hölzer im Winter ($7,4^{\circ}$ C.) 17—19 %, im Sommer ($16,6^{\circ}$ C.) 6—9 % Wasser innerhalb 24 Stunden an, woraus sich die Hartnäckigkeit, mit welcher die Hölzer dem Trocknen widerstreben, genügend erklärt.

**) Das Holz eines vor Feuchtigkeit geschützten, 150 Jahre alten Zimmerbalkens enthielt (bei 0,682 spec. Gew. 10,5 % Feuchtigkeit.

cifisches Gewicht durch die feste Masse, das darin befindliche Wasser und die Luft vom Holz. der Poren*) zusammen hervorgebracht wird, ließ bei dem sehr wechselnden Gewichtsverhältniß dieser Bestandtheile keine Genauigkeit erwarten, wie man sie streng wissenschaftlich gewohnt ist. Noch viel mehr mußte diese Schwankung dadurch wachsen, daß man bei den Versuchen sehr abweichende und oft unzuweckmäßige Wege eingeschlagen hat. An und für sich, wenn man nämlich von den luftersfüllten Zwischenräumen abstrahirt, ist Holz merklich schwerer als Wasser. So hat man durch Zerstören der Poren mittelst Raspeln und Bestimmung des Volumens der Späne, für das spec. Gewicht des Lindenholzes 1,13, des Tannenholzes 1,16, Eichenholzes 1,27, Buchenholzes 1,29 gefunden; Rumford's Versuche gaben für den massiven Theil der Hölzer ohne Unterschied der Specien nahe 1,5. Die Erfahrung zeigt, daß längere Zeit in Wasser eingetauchtes Holz, wenn dieses die Luft verdrängt hat, unter sinkt.

Im Folgenden sind die Resultate der hierher gehörenden Bestimmungen des eigenthümlichen Gewichts der Hölzer in dem Zustande, wie sie consumirt werden, als für die Praxis ungleich wichtiger, nach den besten Autoren zusammengestellt:

Specifisches Gewicht verschiedener Holzarten; das des Wassers als Einheit.

Namen der Hölzer.	I. Frisch gefällt.	II. Luft- trocken.	III. Stark getrocknet.	IV. Stark getrocknet.	V.	VI.
Quercus robur, Steineiche . .	1,0754	0,7075	0,6441	0,663	0,929	0,650
Quercus pedunculata, Stieleiche	1,0494	0,6777	—	0,663	—	
Salix alba, Bammweide	0,9859	0,4873	0,4464	0,457	0,585	—
Fagus sylvatica, Buche	0,9822	0,5907	0,5422	0,560	0,552	0,752
Ulmus campestris, Ulme	0,9476	0,5474	0,5788	0,518	0,600	0,568
Carpinus betulus, Hainbuche . .	0,9452	0,7695	—	0,691	—	0,728
Pinus larix, Lärche	0,9205	0,4735	—	0,441	—	0,565
Pinus sylvestris, Kiefer	0,9121	0,5502	0,4205	0,485	—	—
Acer pseudoplatanus, Ahorn . .	0,9036	0,6592	0,5779	0,618	0,755	0,645
Fraxinus excelsior, Esche . . .	0,9036	0,6440	0,6137	0,619	0,734	0,670
Betula alba, Birke	0,9012	0,6274	0,5699	0,598	—	0,738
Sorbus aucuparia, Vogelbeere .	0,8993	0,6440	—	0,552	—	—
Pinus abies, Duroi, Tanne . .	0,8941	0,5550	0,4303	0,493	0,550	0,481
Pinus picea, Dur., Fichte . . .	0,8699	0,4716	0,3838	0,434	—	0,763
Crataeg. torminalis, Nischbeere	0,8633	0,5910	—	0,549	0,874	—
Aesculus hippocastan. Kastanie	0,8614	0,5749	—	—	—	0,551
Betula alnus, Erle	0,8571	0,5001	—	0,443	0,800	0,538
Tilia europaea, Linde	0,8170	0,4390	0,3480	0,431	0,604	0,559
Populus nigra, Schwarzpappel	0,7795	0,3656	—	0,346	0,383	0,387
Populus tremula, Espe	0,7654	0,4302	—	0,418	—	—
Pop. italica, ital. Pappel . . .	0,7634	0,3931	0,4402	—	—	—
Salix caprea, Saalweide	0,7155	0,5289	—	0,501	—	—
Gvajacholz	Griß	1,3420	—	—	—	—
Ebenholz	fißh.	1,2260	—	—	—	—

*) So berechnete Rumford aus dem spec. Gewicht des frischen Holzes im Saft stehender Bäume und dem seiner massiven Theile, daß in 1 C. F. frischen Eichenholzes 390 C. Z. auf die Holztheile, 360 C. Z. auf den Saft und 240 auf die eingeschlossene Luft kamen. Pappelholz in gleichem Zustande enthält im C. F. 243 C. Z. Holz, 219 C. Z. Saft und 538 C. Z. Luft; Lindenholz dagegen ebenso 265 C. Z. Holz, 365 C. Z. Saft

Vom Holze.

Die Columnen I. und II. umfassen die Wägungen von Hartig; die III. Columnen die weniger zuverlässigen Bestimmungen von Wernerk; die von ihm verwendeten Muster waren im Ofen getrocknet, bis kein Verlust mehr stattfand, und dann der Gewichtsverlust beim Eintauchen in Wasser bestimmt. In der IV. Columnen sind die Zahlen aufgeführt, welche Winkler erhielt, als er genau gearbeitete Cubikzolle der Hölzer wog. Die V. Columnen enthält Muschenbroek's Angaben und die letzte die von Karmarsch. Der Amerikaner M. Bull, dessen Wägungen großes Vertrauen verdienen, bediente sich der Methode des Eintauchens, mit der Vorsicht jedoch, daß er vorher die Muster mit einem Firniß vom spec. Gewicht = 1,000 überzog, wodurch, ohne Fehler einzuführen, die Wägung mit dem ganzen Luftgehalt des Holzes vor sich ging. Seine Versuche sind in der obigen Zusammenstellung darum übergangen, weil sie sämmtlich bei uns nicht einheimische Hölzer betreffen. Die letzteren sind, wie die Tabelle zeigt, fast um die Hälfte leichter als Wasser, so daß 1 C. F. Buchenholz 18,5 Pfd. wiegt, Eichenholz 22 Pfd. u. s. f. — Es verdient noch bemerkt zu werden, daß das Trocknen des Holzes an der Luft mit einer Verminderung seines Umfanges begleitet ist, welche leicht bis auf 0,1 desselben steigen kann. — In Hochgebirgen, wo die Waldgegenden steil und von reißenden Gewässern durchströmt sind, bedient man sich der letzteren nicht selten als Transportmittel für Brennholz; im Schwarzwald, Salzburg u. s. f. werden jährlich sehr bedeutende Quantitäten Holz auf diese Weise gefloßt, wie man es nennt. Bei näherer Betrachtung zeigt sich indeß, daß der Vortheil des wohlfeilen Transports zum Theil durch Verlust an Qualität des Holzes wieder aufgehoben wird. Der Aufenthalt im Wasser muß demselben nothwendig alles Lösliche entziehen und somit die Ursache der Verminderung des Volumens und der Heizfähigkeit abgeben, welche man in der That beobachtet. Wernerk will gefunden haben, daß 1 C. F. Holz durch Flößen bis zu 1 Pfd. an seinem Gewichte einbüßen kann. —

Wie die tägliche Erfahrung lehrt, hinterläßt das Holz jederzeit einen unverbrennlichen Rückstand, die Asche, nämlich Salze der Erden und Alkalien, welche der Lebensproceß dem Boden entzogen hat, um sie zu seinen Zwecken in der Pflanze zu verwenden. Sie betragen in der Regel ungefähr $\frac{1}{70}$ zuweilen aber $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{70}$ des verbrannten Holzes.

Es ist bereits angedeutet worden, daß die Holzkörper dem Gewichtsverhältniß der Elementarbestandtheile nach nicht bedeutend von der reinen Holzfaser (Holz, welchem man alle extractiven Bestandtheile, sowie sein Wasser entzogen hat) abweicht. Die Kenntniß dieser Verhältnisse giebt ebenso wichtige Aufschlüsse über das eigenthümliche Verhalten der einzelnen Hölzer, als sie bei der vergleichenden Werthbeurtheilung derselben wichtige Anhaltspunkte gewährt: Schöddler und Petersen lieferten, davon ausgehend, die folgenden Resultate der Elementaranalyse der bei 100° C. vollkommen ausgetrockneten (vorher gepulverten) Hölzer.

und 370 C. Z. Luft. — Nach einer andern Berechnung enthält 1 C. F. lufttrocknes Lindenhholz 558 C. Z., Tannenholz 586 C. Z., Eichenholz 481 C. Z., Buchenholz 457 C. Z. Luft in den Poren.

In 100 Gewichtstheilen fanden sie:

Vom Holze.

Art des Holzes.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Art des Holzes.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Reine Holzfaser .	52,65	5,25	42,10	Populus nigra .	49,70	6,31	43,99
Quercus robur .	49,43	6,07	44,50	Filia europaea .	49,41	6,86	43,73
Fraxin. excelsior	49,36	6,075	44,57	Salix fragilis . .	48,44	6,36	44,80
Acer campestre	49,80	6,31	43,89	Pinus abies . . .	49,95	6,41	43,65
Fagus sylvatica	48,53	6,30	45,17	Pinus picea . . .	49,59	6,38	44,02
Betula alba . . .	48,60	6,375	45,02	Pin. sylvestris .	49,94	6,25	43,81
Ulmus campestr.	50,19	6,425	43,39	Pin. larix	50,11	6,31	43,58

Man sieht, daß die Zusammensetzung der Hölzer weniger abweichend ist, als man nach ihrer bekannten verschiedenen Anwendbarkeit hätte voraussetzen dürfen, doch ist dabei der wichtige Umstand (wovon weiter unten) zu berücksichtigen, daß, während Wasserstoff und Sauerstoff in der Holzfaser in dem Verhältniß, wie sie zusammen Wasser bilden (1 : 8), vorhanden ist, dieses Verhältniß von dem Wasserstoff der einzelnen Holzarten und zwar auf ungleiche Weise überschritten wird. —

Wenn der Boden irgend einer Gegend flache Becken von größerem oder kleinerem Umfange bildet, in welchen das angesammelte Wasser durch unterdrückten Abfluß oder gänzlichen Mangel desselben genöthigt wird, längere Zeit zu stagniren (einen Moor zu bilden), was in der gemäßigten Zone, wegen der geringeren Verdunstung vorzugsweise der Fall ist; so werden Wasserpflanzen aller Art, Seggen, Winfen, Niedgräser, Algen, Najaden, Moose, sogar strauchartige Pflanzen, wie Weiden u. a. einen so günstigen Standort benutzen und allmählig eine dichte Vegetationsdecke bilden. Mit dem Wechsel der Jahreszeit absterbend, wird sie auf den Boden sinken, um im Frühjahr einen neuen Raum zu geben, ein Spiel, welches sich so lange wiederholt, bis der Sumpf endlich, freilich auf eine wenig solide Weise, ausgefüllt wird. Die unter Wasser getauchten Reste der Pflanzen gehen nun durch Vermoderung einer raschen Veränderung entgegen. Unter Entwicklung von Gasen (Sumpfgas, Kohlensäure), Ausstoßen von unangenehmen, zum Theil schädlichen Gerüchen und gleichzeitiger Aufnahme von Sauerstoff, sowohl aus der Atmosphäre als auch durch Reduction in der Umgebung (dem Boden und Wasser) befindlichen Verbindungen z. B. schwefelsaurer Salze, verlieren jene Reste ihre ursprüngliche Festigkeit, werden braun und mürbe, und zerfallen endlich zu einem schwarzbraunen, erdigen Schlamm. Pflanzenreste der Art, sie mögen in der Vermoderung noch begriffen sein oder diese bereits vollendet haben, nennt man Torf. Kleinere Ablagerungen werden fast allenthalben angetroffen, doch beutet man auch Lager von ungeheurer Ausdehnung aus*), deren Bildung vorzugsweise durch das Meerwasser vermittelt scheint, wie man aus ihrem Vorkommen an den flachen Küstenstrichen der Nordsee (Holland) und Ostsee

Vom Torfe.

*) Während man im Hochgebirge zuweilen Torflager in Becken antrifft von 20 bis 30 Fuß, bedecken dieselben in Holland ganze Länderstrecken. Ebenso verschieden ist die Mächtigkeit, welche meist nur wenige Fuß, in eben diesem Lande oft 3 Klafter, in Irland bis 30 Fuß erreicht.

Vom Torfe. (Norddeutschland) schließen muß. Zuweilen scheint die Torfbildung in mehreren auf einander folgenden Perioden vor sich gegangen zu sein; alsdann ist das Lager durch Sand u. in mehrere Schichten getheilt. Während der Torf zuweilen unmittelbar an der Oberfläche liegt, findet er sich an anderen Orten mit Sand oder Dammerde bedeckt, aber stets in horizontalen Ablagerungen von geringer Tiefe. Der Torf gehört unter die sehr verbreiteten fossilen Brennstoffe und wird in zweierlei Art gewonnen, welche sich lediglich durch ihr so zu sagen geognostisches Alter, d. h. den Grad unterscheiden, bis zu welchem sie in der Vermoderung vorgeschritten sind. Sie sind:

1) Jüngerer Torf, mit meist noch vollkommen erhaltener Structur der Wurzeln, Stengel u.; ein höchst lockeres, specifisch leichtes Gewebe, weich und leicht zerbrechlich. Aus dem Hellbraunen in's Schwarzbraune übergehend, wobei zuweilen die noch erhaltenen Wurzeln und Fasern, dieser gleichsam fremd, in einer erdigen Grundmasse vertheilt liegen, verläuft er, ohne scharfe Grenzen einzuhalten, in

2) den älteren Torf, worin die organische Structur entschieden untergegangen und das Faser = Gefüge dem (Damm-) Erdeartigen gewichen ist; als äußerstes Glied (ältestes) müssen die Torfe betrachtet werden, deren erdiger Bruch so feinkörnig, faserfrei und dicht ist, daß er glatt und wachsartig glänzend erscheint (Wechtorf). Alle hierher gehörigen Arten sind auffallend viel schwerer, als die der vorigen Classe; während 1 C. F. der lockersten Arten derselben nur ungefähr 4 Pfd. wiegt, so steigt dieses Gewicht bei der letztern auf das 12 bis 20fache (Karmarsch*). Der Gehalt des Torfes an Humussäure, die Sprengel beobachtet hat, so wie ähnlicher Zersetzungsproducte der Holzfaser, welche seine Masse eigentlich constituiren, ist für seine Anwendung von keinem Interesse. Dasselbe gilt für die Harze, welche Mulder darin gefunden und beschrieben hat. — In Deutschland, am Rhein z. B. ist die Grabung des Torfes eine höchst einfache und leichte Operation. Nachdem man das Lager bloß gelegt, sticht man den Torf mittelst gewöhnlicher Grabscheite in Form von dicken Ziegeln aus und setzt dieselben auf einer trocknen Unterlage zum Austrocknen auf. Man beobachtet dabei die Vorsicht, die Ziegel der obersten Schicht, als der faserigen jüngern, den Rasentorf, von der untern schweren und stets mächtigern, dem Moortorf, zu trennen. Etwas umständlicher, jedenfalls aber dem Zwecke entsprechender ist das Verfahren in Holland, welches vollkommen dem Vorbereiten des Thons in den Ziegeleien gleicht, das Baggern. So lange es thunlich, schöpft man anfangs den Torf mit dem Spaten und bedient sich erst später, wenn der Torfsschlamm (denn die Lager sind mehr schlammig, als solid) zu dünn geworden

*) Das Großherzogthum Hessen besitzt ziemlich ausgedehnte Torflager. Der Rhein, in der Vorzeit bei Bingen in seinem Laufe gehemmt, mußte damals sein aufgestautes Wasser über die flachen Ufer oberhalb, Mainz gegenüber, ergießen; das nach dem Durchbruch im sogenannten Nied, einer noch jetzt sumpfigen Gegend, zurückgebliebene stagnierende Wasser gab dann zur Bildung der Torflager Veranlassung, welche jetzt bei Pfungstadt und Griesheim ausgebeutet werden. Der letztere, dicht, schwer und schwarz, nähert sich sehr dem älteren, während jener, leicht, ohne erdige Theile, wurzelreich, von heller Farbe, entschieden dem jüngeren angehört. Die Qualität des Griesheimer Torfs ist von der besten und dem andern vorzuziehen.

ist eines besondern Instruments, anstatt des sonst in ähnlichen Fällen üblichen Eimers. Es besteht dies aus einem, an einem Stiele befestigten geschärften eisernen Ringe, gleichsam der Wand des Eimers, der mit kleinen Löchern rings versehen ist, um eine Art Netz oder auch ein Stück Zeug, den Boden, aufzunehmen. Man hat hiermit den Vortheil, weniger Wasser schöpfen zu müssen, weil dies sogleich abläuft. Der aufgehäuften Schlamm wird von einem Gehülfen durch Treten mit den Füßen, Durcheinanderkrücken wie Mörtel und Auslesen der Steine, Holzstücke 2c. in eine homogene Masse verwandelt, welche auf einer mit Brettern umfaßten Tonne (einem großen Kalklöschkasten) zum Trocknen und Abfließen des Wassers in fußdicke Schichten gleichmäßig durch Schlagen ausgebreitet wird. Um dies zu erleichtern und das Anhängen von Erde zu verhüten, bedeckt man den Boden zuvor mit niedergetretenem Heu. Zeigt nun die Masse nach einigen Tagen eine gewisse Consistenz, so unterwirft man ihn auf's neue einer Bearbeitung durch Weiber und Kinder, welche, anstatt ihn zu schlagen, flache Streichbretter, wie Schneeschuhe an die Füße schnallen und damit nach allen Richtungen hin streichen und stampfen. Man fährt so lange fort, bis die Oberfläche, selbst von gewöhnlichen Schuhtritten keinen Eindruck mehr annimmt, und schlägt ihn zuletzt noch mit Bläueln, bis seine Oberfläche gleichmäßig erscheint. Der ganze Kuchen, 8 bis 9 Zoll dick, wird mittelst langer Latten in Quadrate von ungefähr 4 Zoll getheilt und nach und nach ausgestochen. Die Dicke des Kuchens ist die Länge der Ziegel, welche stehend erhalten werden. Um die vollständige Austrocknung zu befördern, hebt man den ersten aus, um ihn quer auf den zweiten zu legen, den dritten auf den vierten u. s. f. und kehrt zuweilen die Ordnung um, worauf man die Stücke aufspeichert. — An einigen Orten schöpft man den Torfsschlamm mittelst Eimer auf eine trockne Stelle, um aus der thonartigen Masse nach Ablauf des Wassers Ziegel mit Formen zu streichen. — Ein allzugroßer Wassergehalt kann den Torf seines ganzen Werthes berauben und zum Aufspeichern unfähig machen. Seine Güte wächst in einem sehr starken Verhältniß mit seiner Trockenheit, Dichte und Festigkeit oder dem Zusammenhange seiner Theile. Sind diese gering, so wird beim Transport und später im Schoppen durch den Druck der oberen Schichten der unten befindliche zerdrückt oder zerbröckelt und somit werthlos. Ohnehin verbietet die Lockerheit und Zerbrechlichkeit des Torfes seine Anwendung in allen Fällen, wo Brennmaterial und zu erheizende Stoffe hoch über einander gehäuft liegen. Selbst davon abgesehen, ist der Umstand von großem Einfluß, daß ein dichter Torf in gleichem Umfange mehr Brennstoff umfaßt, als ein lockerer. In dieser Ueberzeugung hat man in neuerer Zeit, besonders in Irland, durch Anwendung gut construirter Pressen, der Güte des Torfes zu Hülfe zu kommen gesucht. Die Schwierigkeit, zugleich eine wohlfeile, rasch arbeitende und doch gehörig wirksame Maschine anzugeben, ist bis jetzt nicht genügend überwunden. Es leuchtet von selbst ein, daß eine solche Presse zu dem genannten Vortheile auch noch das Trocknen in hohem Grade beschleunigen würde. Bei einem Versuche verlor ein 8 Pfd. schwerer Ziegel sogleich 5 Pfd. Wasser unter der Presse. Je länger man dem Torfe durch Lagern in guten Schoppen Gelegenheit gegeben hat auszutrocknen, um so höher wird seine Leistung sein. Der Wassergehalt des lufttrocknen Torfes ist in weniger feste Grenzen eingeschlos-

Vom Torfe.

fern, als der des Holzes, und wenig untersucht worden. Ein anderer Bestandtheil, welcher bei diesem so gut wie von keinem Belang ist, kann im Torfe bisweilen seiner Quantität nach eine Höhe erreichen, die denselben unbrauchbar macht; es ist dies die Asche, hierbei von doppelter Natur; einmal die den Pflanzentheilen eigenthümliche Aschenmenge*), und außerdem noch Alles, was sich beim Absetzen des Torfes von Erdigem zc. eingemischt hat. Sie ist sowohl der Menge als der Natur nach von der Holzasche wesentlich verschieden und schwankender. So hat man in 100 Theilen Torf folgende Aschenmengen beobachtet.

Art des Torfes.	Asche.	Beobachter.
Rasentorf, braungelb	1 — 1,5	Karmarsch.
Pechtorf	1,2 — 8	
Junger, braunschwarz	bis 5 u. 7	
Erdtorf, alter	10	
Schwarz, dicht von Neumünster	2,2	Suerfen.
„ „ „ Sindelfingen	7,2	
Braun, locker „ Schwenningen	2,3	Schübler.
Sehr alter T. v. Vulcaire b. Abbeville	5,58	
„ „ „ „ Long „ „	4,61	Acharb.
Weniger alt v. Champ de feu „ „	5,35	
Bei Berlin, 1. Lage	9,3	
„ „ 2 „	10,2	
„ „ 3. „	11,2	Einhof.
Schwarz, alt von Möglin	14,4	
Braun, jung „ „	14,3	Buchholz.
Moor im Giesfeld, 1. Art	21,5	
„ „ 2. „	23,0	
„ „ 3. „	30,5	
„ „ 4. „	30,0	Winkler.
In 41 Sorten aus dem Erzgebirge	1 — 24	

Der Torf kann also von 1% bis nahe $\frac{1}{3}$ seines Gewichtes an Asche enthalten. Man findet darin nie kohlen saure Alkalien, dagegen phosphorsaure, schwefelsaure zc. Salze. Einhof fand 15,25 Kalkerde, 20,5 Thonerde, 5,5 Eisenoxyd, 41 Kiesel Erde, 15 phosphorsaure Kalkerde, 1,55 Kochsalz und Gyps in 100 Theilen Asche; Schübler sogar in Torfasche von Schwenningen 34 % phosphorsaure Salze, auf deren Gegenwart die bekannte Düngkraft der Asche hauptsächlich beruht. Wie schon bemerkt, hängt das eigenthümliche Gewicht des Torfes von seinem Feuchtigkeitszustand, seinem Alter und Dichte ab. Karmarsch fand dasselbe in hannoverschen Torfforten folgendermaßen: 1) Heller, junger Rasentorf, kaum veränderte Moose zc. 0,113 bis 0,263. 2) Junger Braun- und Schwarz-Torf, erdige Grundmasse mit Wurzeln durchzogen 0,240 bis 0,600. 3) Alter Erdtorf ohne Fasertextur 0,564 bis 0,902. 4) Alter Torf, Pechtorf 0,639 bis 1,033. — Für Griesheimer (bei Darmstadt) Formtorf, guter Qualität, fand man: 0,706, so daß 1 C. F. 22 Pfd. und 100 Ziegel (à 56 C. Z.) 123,5 Pfd. im Durchschnitt wiegen**). Sie hinterlassen nach dem Verbrennen

*) Soweit sie das Sumpfwasser nicht ausgelaugt hat.

**) 1000 Stück Griesheimer Torf sind aufgesetzt 74300 C. F. und wiegen 1170 Pfd.
 „ „ Pfungstädter „ „ „ 75600 „ „ „ 820 „
 „ „ „ „ „ „ 49000 „ „ „ 660 „

eine Aschenmasse, welche bei einem etwas geringern Volumen die Form des vom Torfe. Ziegels beibehält, also jedenfalls bedeutend ist und mehrere Lothe beträgt. Ein C. F. des von Karmarsch untersuchten Erdtorfes giebt nahe 3 Pfd. Asche; der Aschengehalt aller ähnlichen Torfforten schadet beim Brande mehrfach; theils durch Verstauben in der Umgebung und theils durch lästige Anhäufung, wodurch in Städten z. B. wo man die Asche nicht sogleich als Dünger verwenden kann, Transportkosten entstehen, um sich ihrer zu entledigen*); theils wie bei Schmelzprocessen durch chemische Einwirkung, davon abgesehen, daß sie überhaupt die Masse des Brennstoffes verringert.

Schon die Art der Entstehung des Torfes giebt zu erkennen (siehe Braun- und Steinkohle), daß der Kohlenstoff darin verhältnißmäßig sich angehäuft haben müsse, wenn man ihn mit dem der Holzfaser vergleicht. In der That fand Regnault in den 3 Torfforten, nach Abzug des Aschengehaltes, der schon angegeben wurde und zwar in dem

Torf von Bulcaire . . .	57,03	Kohlenstf.,	5,63	Wasserstf.,	31,76	Sauerstf.
„ „ Long	58,09	„	0,93	„	31,37	„
„ „ Champ de feu	57,79	„	6,11	„	30,77	„

In der letzten Columnne ist der dem Torfe eigenthümliche geringe Stickstoffgehalt mit begriffen, der sich beim Erhitzen in den ammoniakhaltigen Dämpfen zu erkennen giebt.

Das ruhige Walten der heutigen Natur versorgt durch unausgesehtes Be-^{Fossile Brenn-}graben niederer Vegetationen in der beschriebenen Weise viele Gegenden mit einem^{stoffe der vor-} Vorrathe von Brennstoff von nicht immer mittelmäßiger Qualität; ganz anders,^{historischen} man muß zugeben reichlicher und besser, hat sie in der geräuschvollen Thätigkeit^{Zeit.} ihres jugendlichen Alters das künftige Menschengeschlecht bedacht, als ihre schaffenden Kräfte noch vollauf zu thun hatten, unsern spätern Aufenthaltsorte in seiner Gestaltung eine wohnliche Form zu geben. Die Wissenschaft der Genesis des Erdbörpers belehrt uns, daß zu einer Zeit der Planet — auf eine gewisse Temperatur erkaltet, welche den vorher zur Atmosphäre gehörigen Dämpfen gestattete, sich niederzuschlagen — von einem Ocean ohne Ufer auf seiner so weit erstarrten Oberfläche überfluthet war, einem Weltmeer im eigentlichen Sinne des Wortes, während noch immer der innere Erdkern sich in glühendem Fluß befand. Dieser, von seinem Erkalten stets enger und massiver werdende Steinmantel, mit unermesslicher Gewalt zusammengepreßt, unnachgiebig und aller Elasticität baar, sprengt endlich die Bande, sucht in seinem Drange aus tausend Rissen hervorquellend das Freie, um zu Hervorragungen zu erstarren, welche alsdann im Weltmeere als ebenso viele Inseln erschienen. Eingetretene Ruhe, mehr als treibhausartige Wärme und eine kohlen säurereiche Atmosphäre, erwecken eine Inselflora von riesenhafter Entfaltung aber — auf unsicherem Boden; denn das vorige Spiel wiederholt sich, neue Hebungen des Meeresgrundes verengen allmählig seine Stätte und stauen die Gewässer über die Inselwälder hinweg, um diese unter

*) Bei einer gewissen Feuerung, wo man 80 Maß = 320 Pfd. Wasser in etwas mehr als 9 Stunden verdampfte, waren 240 Pfd. Torf nöthig. Diesen zu 20 % Asche gerechnet, mußten täglich 48 Pfd., im Jahre aber 175 Etr. Asche im Herde zurückbleiben, deren Entfernung einen gewissen Kostenaufwand verursacht.

Fossile Brenn-
stoffe der vor-
historischen
Zeit.

Massen von Schlamm und Bodensatz zu begraben, oder nach ruhigen Orten des Meeres weiterzuschwimmen. Wahrscheinlich sind die oft so zahlreichen Bänke der Klöße nur Wiederholungen desselben Vorganges. Die vorhandene Wärme und Feuchtigkeit ließen die begrabene Vegetation einer eingreifenden Vermoderung entgegengehen.

Es wäre übrigens zu weit gegangen, die Kohlenbildung in der Jetztzeit ganz in Abrede zu stellen, nachdem Lyell gezeigt hat, daß sie, obwohl auf andere Weise, noch immer stattfindet. Die großen Ströme des amerikanischen Continents, fern von aller Cultur, künstlicher Eindämmung und Correction mit unregelmäßigem Ungestüm ausgedehnte Urwälder, bald durch Ueberschwemmung, bald durch Uferbrüche verwüstend, führen besonders zur Zeit des hohen Wassers Massen von Bäumen mit sich fort, deren Wurzeln die spülende Strömung vom Boden entblößt hat. Durch den Aufenthalt im Wasser, welchen Hindernisse mannichfacher Art verlängern, allmählig zu schwer geworden, um flott bleiben zu können, wird ein großer Theil, der nicht als Treibholz vom Meere weiter getragen wird, im Delta der Mündung mit den Gesteintrümmern abgesetzt, die der Fluß unaufhaltsam aus dem Innern nach der Küste führt und unter Sand und Schlamm versenkt, um dieselbe Veränderung zu erfahren, wie im vorigen Fall. Diese Veränderung ist, ähnlich wie bei dem Torfe, rein chemischer Natur, bedingt durch die Gegenwart der Erdfeuchtigkeit, einen unterdrückten Zutritt der atmosphärischen Luft und den zum Theil enormen Druck der darüber lastenden Schichten der Bergart.

Das Verhältniß des hier thätigen Vermoderungsprocesses zu erleichtern, mag einstweilen vorausgeschickt werden, wie schon aus dem Obigen hervorgeht, daß die sogenannten fossilen Kohlen überhaupt in verschiedenen Gebirgsbildungen vorkommen, also von verschiedenem Alter sind, insbesondere aber nach diesem ihrem Alter in zwei deutlich zu trennende Classen zerfallen, die sich in ihrer innern (chemischen) Natur widerspiegeln. In allen Kohlen, welche jünger sind als die Kreide, also über derselben liegen, den Braunkohlen, ist jener Proceß weniger weit fortgeschritten, sie stehen um eine scharf nachweisbar: Stufe dem Holze näher, als alle unter der Kreide vorkommenden, die Steinkohlen. Während jene meist noch die Structur des Holzes unverändert beibehalten, ist sie bei diesen bis auf wenige Pflanzenabdrücke fast gänzlich untergegangen. Beide Gebilde sind allgemein genommen, als Holz (= Faser) zu betrachten, worin sich unter theilweisem Verlust der übrigen Elemente der Kohlenstoff mit deren Alter (relativ) angehäuft hat, bis sie in dem äußersten Gliede, dem Anthrazit, fast nur noch aus diesem bestehen. Es ist dies die Wirkung eines Vorganges, der sich durch eine Vergleichung der Elementarzusammensetzung der betreffenden Glieder beispielsweise klar übersehen läßt. Die (S. 11) gegebenen Bestandtheile des Holzes in 100 Theilen entsprechen der Anzahl der Atome der einzelnen Elemente nach $36\text{ C} + 44\text{ H} + 22\text{ O}$, rechnet man davon ab 3 Aeq. Kohlensäure, $3\text{ C} + 6\text{ O}$

	$33\text{ C} + 44\text{ H} + 16\text{ O}$
und entzieht dem Rest 1 Aeq. Wasserstoff	2 H
so bezeichnet das übrige	$33\text{ C} + 42\text{ H} + 16\text{ O}$,

genau die Zusammensetzungsverhältnisse der Braunkohle von Laubach *). Auf gleiche Weise führt es auf die Verhältnisse der Braunkohle von Ringkuhl (bei Fossile Brennstoffe der vorhistorischen Zeit. Cassel), wenn man von dem Holze = $36 \text{ C} + 44 \text{ H} + 22 \text{ O}$

$$4 \text{ Aeq. Kohlensäure} \quad = 4 \text{ C} \quad + 8 \text{ O}$$

$$= 32 \text{ C} + 44 \text{ H} + 14 \text{ O}$$

$$5 \text{ Aeq. Wasser} \quad = 10 \text{ H} + 5 \text{ O}$$

$$32 \text{ C} + 34 \text{ H} + 9 \text{ O}$$

$$\text{und } 2 \text{ Aeq. Wasserstoff} \quad = 4 \text{ H} \quad \text{abrechnet.}$$

$$\text{Denn} \quad 32 \text{ C} + 30 \text{ H} + 9 \text{ O} = (\text{Braunkohle von Ringkuhl}).$$

In beiden Fällen dieselbe Art der auftretenden Verbindungen, nur in anderen Verhältnissen. Bei der Bildung der Steinkohle treten noch weitere Producte auf; so drückt $24 \text{ C} + 26 \text{ H} + \text{O}$ sehr genau die Atomverhältnisse in der Splintkohle von Newcastle aus. Rechnet man nun von dem Holze

$$9 \text{ Aeq. Kohlensäure} \quad = 9 \text{ C} \quad + 18 \text{ O}$$

$$27 \text{ C} + 44 \text{ H} + 4 \text{ O}$$

$$3 \text{ Aeq. Wasser} \quad = 6 \text{ H} + 3 \text{ O}$$

$$27 \text{ C} + 38 \text{ H} + \text{O}$$

$$\text{und } 3 \text{ Aeq. Grubengas} \quad = 3 \text{ C} + 12 \text{ H} \quad \text{ab,}$$

$$\text{so bleibt übrig} \quad = 24 \text{ C} + 26 \text{ H} + \text{O} \quad (\text{Splintkohle.})$$

Das Hauptmoment in der fortschreitenden Zersetzung des versunkenen Holzes ist die Bildung von Kohlensäure aus dessen eigenen Bestandtheilen. Bei den Braunkohlen, wo der atmosphärische Sauerstoff nicht so vollkommen abgeschlossen ist, bemächtigt sich dieser noch eines Theils des Wasserstoffs, den er oxydirt, eine Einwirkung, welche bei den Steinkohlen wegfällt. Hier ist ein reines Zerfallen der Holzfasern in die vier Producte: Kohlensäure, Wasser, Grubengas und Steinkohle. Im ersten Fall vorherrschender Vermoderungsproceß, wobei die Verwesung noch einigen Antheil nimmt, in diesem reine Vermoderung. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß die Kohlensäure in den so häufigen Säuerlingen der kohlenführenden Ablagerungen wieder auftritt, sowie man das Grubengas als Hauptbestandtheil der sogenannten schlagenden Wetter beobachtet hat. Durch ähnliche Betrachtungen ließe sich die Bildung aller einzelnen Kohlenarten nachweisen; es braucht übrigens kaum erwähnt zu werden, daß die obigen Formeln nur zur Veranschaulichung aufgestellt, keine andere Wahrheit enthalten, als das Atom-Verhältniß der einzelnen Elemente. — Das Vorkommen der Kohlen betreffend, werden dieselben in dreierlei Ablagerungen angetroffen und zwar von unten nach oben:

1) Im Kohlengebirge in zwei Abtheilungen, dem ältern Uebergangsgebirge (Anthrazit) und der jüngern Steinkohlenformation (Steinkohlen).

*) Die Analyse dieser und der folgenden siehe weiter unten.

2) In der secundären Formation in zwei Abtheilungen, der älteren Keuper- und Jura Ablagerungen (Steinkohle) und der jüngeren Kreide (Steinkohle).

3) In der tertiären Formation, Süßwasserkalk, Muschelskalk u. mit Braunkohlen.

Von der
Braunkohle.

Nicht alle der tertiären Formation angehörigen Kohlen, also Braunkohlen, sind von gleichem Ansehen. In einigen sind die Pflanzenreste noch so gut erhalten, die Structur derselben so deutlich, selbst zartere Theile, wie Blätter und Früchte, so wenig beschädigt, daß botanische Diagnosen solcher antediluvianischer Gewächse mit Erfolg unternommen wurden. Sie stellen nach allen Richtungen sich kreuzende, plattgedrückte Stämme u. von hell- bis dunkelbraunem Ansehen, von meist mürber Beschaffenheit dar, deren Bruch der Schichtung und der Faser des Holzes folgt. Sie werden Lignite, fossiles und sehr uneigentlich bituminöses Holz genannt. Die Kohlen der Wetterau (Salzhäusen, Laubach) gehören hierher. Andere zeigen nur ausnahmsweise erkennbare Pflanzentheile und erscheinen in ihrer ganzen Ausdehnung als eine geschichtete Masse von dunklerer bis in's Schwarze gehender Farbe und erdigem Bruch, erdige Braunkohlen, Pechkohle, wozu unter anderen die vom Meißner bei Cassel gehören. Auch die Lignite enthalten diese untermengt; oft sind beide Arten an einem Stück. — Obgleich hier und da zu Tage gehend, werden die meisten Braunkohlen durch Tiefbau gewonnen. Frisch gefördert sind sie von Grubenwasser durchdrungen, welches vor der Verwendung durch Trocknen an der Luft bis zu einem von der Porosität abhängendem Grade verdunstet. Reinsch fand im Lignit der bairischen Oberpfalz 43, in der erdigen Braunkohle von da 30 % Wasser. In der Regel möchte der Feuchtigkeitsgehalt der frischen Kohlen größer sein. Barrentrapp wenigstens fand in frisch geförderten Kohlen von Helmsedt und Schöningen in beiden 48 % Wasser. Sie zogen, vollkommen getrocknet (wobei starke Volumverminderung stattfand) 8 % an. Längere Zeit geförderte, trocken aufgespeicherte Kohlen enthielten 29, der Sommerluft ausgesetzt 20 und im warmen Zimmer nach 4 Wochen 8 % Wasser. Die Menge der Asche ist an und für sich nicht bedeutend, wird aber häufig durch die aus dem Grubenwasser infiltrirten Salze und eingedrungenen erdigen Theile auf eine nachtheilige Weise gehoben, wie man aus dem Folgenden sieht:

Art der Kohlen.		Aschengeh.	Beobachter.
Böhmische.	Lignit von Aufsig	5,35 %	Balling.
	„ „ „	5,51	
	„ „ Hegenborn	6,93	
	„ „ Neundorf	5,13	
	„ „ Goulang	1,50	
Bair. Ob.-Pfalz.	Erdig Grünlas	6,66	Reinsch.
	„ „ Berau	10,00	
	Lignit „ „	3,40	
	„ „ Griechenland	9,02	
	„ „ Usnach	2,19	
	„ „ Köln	5,49	Regnault.

Art der Kohlen.		Aschengeh.	Beobachter.
Gajel.	Erdige von Dar	4,99 %	Regnault.
	„ „ Bonches du Rhône . . .	13,43	
	„ „ Nieder-Alpen	3,01	
	„ Stangenkohle! Meißner.	15,47	
	„ Pechkohle. . . }	2,43	
	„ „ v. Hirschberg }	0,81	Rühnert.
	Glanzkohle von „ }	2,76	
	Mittlere K. „ „ }	3,20	
	Untere K. „ „ }	4,92	
	Pechkohle vom Habichtswalde . . .	1,33	
Recht. Rheinf. Klusges Rheinufer bei Dören. bet Bonn.	„ „ „ „	3,33	Karsten.
	Stillberger Kohle (Söhwald). . . .	6,95	
	Lignit von Hirschberg	1,29	
	„ „ Island	8,8	
	„ „ „ (andere Probe) . .	27,5	
	„ „ Utweiler	0,9	
	„ „ Grube Urwelt	4,6	
	„ „ „	27,05	
	„ „ Friesdorf	1,69	
	„ „ „	14,9	
	„ „ Buxchen	4,4	
	„ „ „	17,4	
	„ „ Stöpschen	14,4	
	„ „ „	28,2	
	„ „ Dröberg	43,2	
	„ „ „	58,0	
	Kohle von Schöningen! Braunsch.	7,8	Barrentrapp.
	„ „ Helmstedt }	8,4	
	Schieferkohle von Hberg	45	Reinsch.
	„ „ Aiga, Reuß . . .	6,0	

Noch mehr, als bei dem Torfe, ist der Aschengehalt in demselben Flöße, sogar in ungleichartigen Theilen desselben Stücks verschieden, wie besonders Karsten's Versuche zeigen. — Reinsch fand in der Asche des Berauer Lignites: 3,6 Gyps, 1,9 unterschwefelsaures Kali, 25,4 unterschwefligsauren Kalk, 50 Eisenvitriol, 20 Sand. Die Asche der erdigen Kohle gab Gyps 3, unterschwefligsauren Kalk 7, Eisenvitriol 57, Sand 33. Barrentrapp wies in den Braunschweiger Kohlen Gyps 75,5, Magnesia 2,58, Thonerde 11,57, Eisenoryd 5,78, kohlen-saures Kali 2,64, Kiesel-erde und Thon 19,27 nach. — Braunkohlen, wie die von Dröberg, welche zur Hälfte mineralische Bestandtheile sind, treten aus der Reihe der Brennstoffe gänzlich heraus und finden anderweitige Anwendung (siehe Alaun). — Abgesehen von der Asche sind die Braunkohlen neben den Elementen des Holzes mit einer geringen Menge Stickstoff (0,5 bis 1,5 %) behaftet, welche bei den folgenden Analysen im Einzelnen nicht bestimmt wurde.

Von der
Braunkohle.

Es geben 100 Theile

Braunkohle	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst. Stickst.	Beob- achter.
Erdbige; von Dar	70,49	5,59	18,93	Regnault.
» » Bouches du Rhône	63,88	4,58	18,11	
» » Nieder-Alpen	70,02	5,20	21,77	
» stängliche vom Reipner	70,12	3,19	7,59	Kühnert.
» Pechkohle »	56,60	4,75	27,15	
» » von Ringkuhl, Hirschb.	60,83	4,36	24,64	
» » vom Habichtswald	57,26	4,52	26,10	
» Glanzkohle von Ringkuhl	66,11	4,82	18,51	
» Pechkohlenartig, Habichtswald	54,18	4,20	26,98	
» Unterste Schicht von Ringkuhl	52,98	4,09	21,91	Barren- trapp.
» Mittlere » »	54,96	4,01	22,31	
» Stillberger	50,78	4,62	21,38	
» Helmstädt, Grube Prinz Wilhelm	68,57	4,84	19,87	
» » andere Grube	67,88	6,85	17,46	
» Schöningen, Grube Treue	63,71	5,07	22,79	Kühnert.
» » andere Grube	64,80	4,54	23,12	
Lignite; von Ringkuhl	51,70	5,25	30,37	Regnault.
» » Griechenland	61,20	5,00	24,78	
» » Köln	63,29	4,98	26,24	Liebig.
» » Menach	56,04	5,70	36,07	
» » Laubach	57,28	6,03	36,10	

Das eigenthümliche Gewicht der lufttrockenen Braunkohlen schwankt nur zwischen engen Grenzen; bei den von Regnault untersuchten Arten von 1,100 bis 1,85 für die Lignite und 1,254 bis 1,276 für die erdigen Kohlen. Kühnert fand die letzteren von 1,310 bis 1,436 abweichen, die Lignite aber zu 1,279. — Es würde demnach 1 C. F. Braunkohle 34 bis 45 Pfd. wiegen, wenn sich aus diesen im Kleinen angestellten Wägungen bei der ungleichförmigen Beschaffenheit des Materials mit Sicherheit in's Große schließen ließe. Immerhin zeigen die gefundenen Zahlen, daß die Verschiedenheiten nicht von dem Aschengehalte bewirkt werden *).

Von der
Steinkohle.

Die Kohlen des eigentlichen Kohlengebirges und der secundären Formation finden sich ungleich häufiger und in größeren Massen, als die der tertiären. Die Anwendung der fossilen Brennstoffe, von so eingreifendem und unbestreitbarem Einfluß auf die Geschichte der Gegenwart, ist, selbst in England erst durch den steigenden Mangel an Holz hervorgerufen, keineswegs sehr alt, vordem nur den Chinesen, nach dem Zeugniß von Marco Polo **) bekannt gewesen. Noch in der

*) Im Großherzogthum Hessen hat man bis jetzt an folgenden Orten Braunkohlen vorgefunden: 1) In Oberhessen bei Lanterbach oder Zell, Laubach (Hessenbrücken), Salzhausen, Friedberg (Dorheim, Bauernheim), Eberstadt, Oberrlenbach, Grünberg (Reche Buderus). 2) In der Provinz Starkenburg bei Seligenstadt.

**) »In den Bergen von Cataja,« wie dieser ausgezeichnete Gewährsmann berichtet, »wird eine Gattung schwarzer Steine gegraben, welche in's Feuer gelegt, wie Holz brennen und, einmal im Brande, das Feuer lange halten, so daß, wenn man sie des Abends anzündet, sie das Feuer die ganze Nacht über halten. Die Steine machen, gleich anderen Kohlen, nur anfangs, wenn sie angezündet werden, eine kleine Flamme, glühen dann klop fort und geben eine große Hitze von sich.«

letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts erschien ein polizeiliches Verbot dagegen in England, weil »die Luft dadurch mit Rauch verpestet werde«. — Stets findet man ein Steinkohlensflöz durch eine Reihe von Kohlenschichten (Bänken) gebildet, welche bald durch Sandstein, bald Thon, bald Schiefer getrennt sind und der Anzahl nach von 2 bis zu 60 beobachtet wurden. Die Mächtigkeit wächst ziemlich regelmäßig mit der Tiefe und variiert von $\frac{2}{3}$ Linien bis auf mehrere Fuß, so daß man stets genöthigt ist, obgleich die Kohlen eigentlich oft zu Tage gehen, bis in beträchtliche Tiefen zu bauen. In Newcastle up. T. z. B. ist die Schicht erst in 400 Fuß Tiefe hinreichend mächtig, aber auch dergestalt von einem massiven Sandstein überlagert, daß alle Holzconstruktionen für jenen Bergbau überflüssig sind. Bei Gittersee im Plauenschen Grunde fand man 7 Bänke, zwischen welchen 6 Lettenschichten von geringer Mächtigkeit zwischenlagern. Die große Verschiedenheit der Steinkohlen unter sich, hat zu Unterscheidungen Veranlassung gegeben, die theils auf ihrem Alter (Vorkommen), theils ihrem Ansehen, theils auf ihrem Verhalten beruhen. Bei allen Steinkohlen ohne Ausnahme ist die Structur des Holzes, woraus sie entstanden sind, gänzlich untergegangen; nur spärliche Ueberreste von Abdrücken einzelner Pflanzentheile lassen auf den Ursprung schließen. Sie bilden eine compacte, tief dunkelbraune oder ganz schwarze Masse, zuweilen matt, meist von Fett- oder Glasglanz, oft farbenspielend, von höchst feinkörnigem nicht faserigem Bruch, bei gleichem Umfange viel schwerer als Holz, welche in ihrem Gefüge mehr oder weniger geschichtet und fast immer senkrecht auf die Ebene des Flözes in einer Weise zerklüftet erscheint, wie man sie beim Eintrocknen teigartiger Substanzen beobachtet. Solche Zerklüftungen sind zuweilen feiner und treten erst beim Zerschlagen der Kohlen hervor, finden sich aber auch nicht selten offen stehend und mit mineralischen Substanzen, wie Schwefelkies, Kalkspath, Bleiglanz, Dolomit, Schwerspath, Gyps, Thon und Natronsalzen ausgefüllt. Abgesehen von den angeführten Ursachen, welche den Zusammenhang der Kohlen unterbrechen — Schichtung durch Verschiedenartigkeit in der Masse und Zerklüftung — und das scharfkantige Ansehen der Bruchstücke bewirken, ist ihre Härte und Festigkeit im Allgemeinen gering. Der Bruch ist bei den glänzenden Kohlen muschlig, sonst eben. — Als einen häufigen Begleiter der gewöhnlichen Steinkohlen, wie sie in Zimmeröfen und unter Kesseln gebrannt werden, beobachtet man, immer in geringer Menge, zuweilen bald als besondere sehr dünne, der Flözebene parallele Schichten, sehr häufig aber auch innig in die Masse des Ganges verwebt, hier und da partienweise vortretend eine Kohle, die sich schon auf den ersten Anblick durch Farbe und Gefüge, mehr noch durch die große Schwierigkeit vor der Grundmasse auszeichnet, mit welcher sie verbrennt. Diese sogenannte Faserkohle ist reicher an Kohlenstoff und nichts Anderes, als in der Vermoderung weiter gediehene Theile einer weniger vermoderten Grundmasse. Eine genauere Betrachtung zeigt, daß das Vorkommen der Faserkohle nur ein sehr in die Augen springender Fall eines in allen Kohlen nachgewiesenen Zustandes ist. Ueberall findet man, hauptsächlich in jüngeren Flözen, die Masse derselben als ein Gemenge von kohlenstoffreicheren Steinkohlen mit solchen, welche verhältnißmäßig daran arm sind; von zweierlei Vermoderungsstufen also, wenn man will, von denen die erstere schwarz und pegglänzend mit

Von der
Steinkohle.

muschligem Bruch, die andere mehr matt, braun und ebenbrüchig erscheint. Vielleicht, daß eine ungleiche Zerseßbarkeit (so zu sagen Vermoderbarkeit) der verschiedenen Pflanzentheile, des Stammes, der Zweige, Blätter u. s. f. die Veranlassung waren; es steht nur damit in Widerspruch, daß beide Zustände zuweilen geschichtet vorkommen und zwar in allen Abstufungen, von geringer Dicke und also häufig abwechselnd, bis zur Mächtigkeit mehrerer Zolle, deren Bruchstücke dann wieder homogen erscheinen. Die Kenntniß dieses Umstandes ist um deswillen von Wichtigkeit, weil von ihm die Brauchbarkeit der Kohle wesentlich abhängt. Zudem liegt die Unterscheidungsweise der Mineralogen darin begründet, ohne übrigens mit den inneren Eigenschaften der Kohle im Zusammenhange zu stehen. Compacte Massen der gewöhnlichen (pechglänzenden) Kohlen werden von ihnen als Pechkohle, stärker geschichtete, sich leicht horizontal spaltende als Schieferkohle, in ganz dünne Schichten zerfallende, als Blätterkohle, dickschiefrige von mattem Glanze als Grobkohle bezeichnet u. s. f. Das eigenthümliche Gewicht ist zwischen 1,2 bis 1,4. Frisch geförderte Kohlen verlieren an der Luft ihre Grubenfeuchtigkeit ohne dabei vollkommen alles Wasser abzugeben, indem sie nach Maßgabe ihrer Beschaffenheit 1 bis 12 % davon zurückhalten, denn selbst künstlich getrocknete Kohle setzt sich mit der Luft durch Wasseranziehen hygroskopisch in's Gleichgewicht. Der Aschengehalt ist durchschnittlich geringer als bei Braunkohle und Torf, aber schon wegen der Spaltfüllungen größer als beim Holz und unterscheidet sich durch den Mangel an Alkalien, indem nur Thonerde, Kieselerde, Eisenoryd u. vorkommen. — Hierüber und über das eigenthümliche Gewicht geben die Ziffern der folgenden Tabelle die weitere Auskunft; sie ist für 100 Theile Kohle berechnet.

Bezeichnung der Kohlen.		Spec. Gew.	Asche.	Beobachter.
Kohlengebirge.	Wylam Banks, Newcastle	1,302	13,912	Richardson.
	Glasgow Coalfield	1,307	1,128	
	Wigan in Lancashire	1,319	2,545	
	Parrot- (Papagei-) Kohle, Edinburgh	1,318	14,566	
	Jarrow, Newcastle	1,266	1,676	
	Hauptmasse der Kohle von Glasgow .	1,286	1,421	
	Garesfield bei Newcastle, tiefe Bank	1,280	1,393	
	South Hetton, Durham	1,274	2,519	
	Alais, Rochelle	1,322	1,41	Regnault.
	Rive de Gier (B. Henry)	1,315	2,96	
	Stenå von Mons	1,276	2,10	
	ebend.	1,292	3,68	
	Simetiére, Rive de Gier	1,288	3,57	
	ebend. ebend.	1,294	2,99	
	Cauzon, ebend.	1,298	2,72	
	ebend. ebend.	1,311	5,32	
	Lavayssé	1,284	5,13	
	Epinae	1,353	2,53	
	Commeny	1,319	0,24	
	Blauzy	1,362	2,28	
	Rive de Gier, grand Croir	1,298	1,78	
	ebend. ebend.	1,302	1,44	

Bezeichnung der Kohlen.		Spec. Gew.	Asche.	Beobachter.
Secund. Kormat.	Anthrazitartig, Lamure, Dep. de l'Isère	1,362	4,57	Regnault.
	„ Macot	1,919	26,47	
	Gewöhnlich, Obernkirchen, Lippe = Sch.	1,279	1,0	
	Géral, Dep. Aveyron	1,294	11,86	
	Noroy, Vogesen	1,410	19,20	
	St. Girons	1,316	4,08	
	St. Colombe	1,305	0,89	
	Gzernitz, Oberschlesien	1,362	5,80	
	Gnade Gottes, Niederschlesien	1,285	4,65	
	Glück hülfs, ebendas.	1,276	0,8	
	Sulzbach, Dittweiler, Saarbrücken	1,258	0,15	Karsten.
	Wettin, Saalkreis	1,466	24,4	
	Sälzer und Renack, Westphalen	1,288	0,7	
	Pottschappel, Sachsen	1,454	27,7	
	Königin Louise, Oberschlesien	1,280	1,2	
	Königsgrube, ebendas.	1,285	0,6	
	Merckweiler, Saarbrücken	1,282	0,9	
	Friskauf, Niederschlesien	1,518	23,4	
	Gmundsaker, Westphalen	1,338	0,6	
	Beata, Oberschlesien	1,383	11,9	Lampadius.
	Brasilien	1,483	28,4	
	Grobkohle, Bockkohle eingemengt	1,48	20,9	
	Schieferkohle, „ „	1,24	22,7	
	„ mit Faserkohle	1,20	26,3	
	Anthrazitartige Kohle	1,37	22,5	
	Schieferkohle mit wenig Faserkohle	1,25	20,2	
	Harte Schieferk. mit Bockkohlenlagern	1,42	24,0	
	Schieferkohle mit vorwaltenden Anthrazitlagern und Faserkohle	1,35	23,4	

Der Aschengehalt der Kohlen läßt sich weder mit deren Lagerung, noch mit ihren sonstigen Eigenschaften in Zusammenhang bringen. Die Entstehung giebt an die Hand, daß die Elementarbestandtheile dem Holze und den Kohlen gemeinschaftlich und bis auf die Verhältnisse gleich sein müssen. Merkwürdig und in der Anwendung vielfach störend ist der Gehalt an Schwefelkies fast aller Kohlen, nicht als chemisch gebundener, sondern mechanisch eingesprengter Bestandtheil. Einige Kohlen zeigen deutlich Krystalle davon, andere so feine Theilchen, daß man sie nur chemisch nachweisen kann. Wie in den Braunkohlen, so hat man auch hier eine geringe Menge Stickstoff mittelst der Analyse dargethan, welche unter Umständen als Ammoniak auftretend, technisch von Wichtigkeit ist. Die neueren chemischen Untersuchungen von Regnault und Richardson, so wie die älteren von Karsten mögen hier eine Stelle finden*).

*) Die untersuchten Proben betreffend, hat Richardson die seinigen nach der in England (nach Thomson) gebräuchlichen Unterscheidung in Splint =, Cannel =, Cherry und Gasingcoal, Regnault nach dem geognostischen Alter und Karsten nach einem Verhalten aufgeführt, was sogleich näher erörtert werden soll. Die Querstriche der Zifferncolumnen entsprechen den resp. Abtheilungen in gleicher Ordnung.

Von der Steinkohle.

	Bezeichnung der Kohlen.	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst. Stickst.	Brob- achter.
	Wylam Banks, Newcastle	74,823	6,180	5,085	Thomas Richardson.
	Glasgow coalfield	82,924	6,491	10,457	
	Wigan, Lancashire	83,753	5,660	8,039	
	Parrotcoal, Edinburgh	67,597	5,405	12,432	
	Jarrow, Newcastle	84,846	5,048	8,430	
	Hauptkohle von Glasgow	81,208	5,452	11,923	
	Garesfield, Newcastle, tiefe Bank . .	87,952	5,239	5,416	Regnault.
	South Hetton, Durham	83,274	5,171	3,036	
Kohlengebirge.	Mais, Dep. du Gard	89,27	4,85	4,47	
	Corbeyre, Rive d. Sier	87,85	4,90	4,29	
	Rive d. G., Grand croix, maréchal .	87,45	5,14	5,63	
	" " " raffaud	87,79	4,86	5,91	
	Flenü von Mons 1.	84,67	5,29	7,94	
	" " 2.	83,87	5,42	7,03	
	Riv. d. G., Cimetiere, bourrue . . .	82,04	5,27	9,12	
	" " batarde	84,83	5,61	6,57	
	" Caizon, "	82,58	5,59	9,11	
	" " gr. masse	81,71	4,99	7,98	
Secundäre Form.	Decazeville, Dep. Aveyron, Lavasse .	82,12	5,27	7,48	
	Epinac	87,12	5,10	11,25	
	Commeny, Dep. l'Allier	83,72	5,29	11,75	
	Blanzay	76,48	5,23	16,01	
	Anthraxitartig, Lamure, Dep. de l'Isère	89,77	1,67	3,99	
	ebenso von Macot	71,49	0,92	1,12	
	Obernkirchen, Lippe-Schaumburg . .	89,50	4,83	4,67	
	Géral, Dep. Aveyron	75,38	4,74	9,02	
	Nerol	63,28	4,35	13,17	
	Saint-Gérons	72,94	5,45	17,53	
	Saint-Colombe	75,41	5,59	17,91	Karsten.
	Leopoldinengrube, Oberschlesien . . .	73,88	2,765	2,475	
	Königsgrube, von da	78,39	3,21	17,77	
	Wellenweiler, Saarbrücken	81,32	3,21	14,47	
	Sälzer und Neuf, Westphalen	88,68	3,21	8,11	
	Eichweiler	89,18	0,44	2,94	
	Hundsnaß, Westphalen	96,02	3,207	6,45	

Obgleich man in allen Kohlenarten Stickstoff antrifft (1 bis 2 % Richardson, Regnault), so findet doch zwischen ihm und den Eigenschaften der Kohle keine so enge Beziehung Statt, als man sie bei den drei übrigen Elementarbestandtheilen nachgewiesen hat. Mit wachsendem Kohlenstoffgehalt wird die Farbe aus dem Braunen dunkler bis in's tief Schwarze, der Glanz hebt sich, allmählig aus dem Pech = in Glasglanz übergehend. Umgekehrt sind die Kohlen mit geringem Kohlenstoffgehalt von größerer Festigkeit, als die mit hohem. Das Verhältniß vom Wasser = zum Sauerstoff bestimmt die Härte (Rigbarkeit), welche mit dem letztern zunimmt. — Die ältesten aller fossilen Brennstoffe, die sogenannten Anthrazite, dem Uebergangsgebirge angehörend, können gleichsam als Endresultat oder als letztes Product der Kohlenvermoderung betrachtet werden und treten bei

Anthrazit.

aller Aehnlichkeit im äußern Ansehen, durch ihre Zusammensetzung und ihr Verhalten beim Brennen bestimmt aus der Reihe der eigentlichen Kohlen heraus. Wie diese zu den Braunkohlen, so verhält sich der Anthrazit zu den Steinkohlen. Im weitern Sinne rechnet man auch gewisse Steinkohlen, wie die von Lamure und Macot der Tabelle, wegen gleicher Beschaffenheit hierher; sie verdanken diese aber keineswegs der fortgeschrittenen Vermoderung, sondern dem Einfluß der Jünger später gehobener Urgesteine. Die Anthrazite sind durchaus homogen ohne Pflanzenabdrücke, schwarz, von lebhaftem Glasglanz, stark farbenspielend und muschligem, scharfem Bruch. Das Gefüge ist massig und derb. Aschengehalt, Zusammensetzung und specifisches Gewicht einiger untersuchten Arten sind im Folgenden zusammengestellt.

Vorkommen des Anthrazits.	Spec. Gew.	Kohlenstoff	Wasserstoff.	Sauerst. Stickstoff.	Asche.	Beobachter.
Pennsylvanien, Amerika	1,462	90,45	2,43	2,45	4,67	Regnault.
Wales, Gr. b. Swansea	1,348	92,56	2,33	2,53	1,58	
Kolbuc, bei Aachen . .	1,367	91,98	3,92	3,16	0,94	
Mayenne, Stadt u. Dep., Grube Bacconnière . .	1,343	91,45	4,18	2,12	2,25	
Ebenfalls von Swansea	1,270	90,58	3,60	4,10	1,72	Jacquelin.
Sablé, Depart. de la Sarthe	1,750	87,22	2,49	3,39	6,90	
Wizille, Dep. de l'Isère	1,730	94,09	1,85	2,85	1,90	
Isère	1,650	94,00	1,49	0,58	4,00	

Regnault fand 0,37, Jacquelin 0,58 bis 2,85 Stickstoff. Die Asche ist Kiesel-erde, Thonerde, Eisenoxyd und nach neueren Beobachtungen auch Chlormetalle, welche beim Verbrennen sich verflüchtigen, die metallenen Ränder der Feuerung beschädigen.

Bei aufmerksamer Betrachtung der Natur der fossilen Brennstoffe, kann es nicht entgehen, wie, mit der Holzfaser verglichen, der Kohlenstoff sich mehr und mehr (relativ) anhäuft, um endlich Wasser- und Sauerstoff fast gänzlich zu verdrängen. Deutlicher tritt dieser Umstand alsdann hervor, wenn man den Aschengehalt in Abrechnung bringt, wie in folgenden Beispielen.

Bezeichnung der Stoffe.	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.
Holzfaser	52,65	5,25	42,10
Torf von Vulcaire	60,44	5,96	33,60
Lignit von Köln	66,96	5,27	27,76
Erdige Braunkohle von Dar	74,20	5,89	19,90
Steinkohle von St. Colombe, secund.	76,18	5,64	18,07
„ „ R. de Gier, Corbeyre, Kohlengab.	90,50	5,05	4,40
Anthrazit, Mayenne, Liebergg.	92,85	3,96	3,19

Der Wahrheit nach sind von allen drei Bestandtheilen gewisse Mengen ausgetreten und hinweggegangen, nur von dem an und für sich überwiegenden Kohlenstoff ist verhältnißmäßig am meisten zurückgeblieben.

Als Verbindungen organischer Abstammung (organische Verbindungen) sind die beschriebenen Brennstoffe von nicht sehr einfacher Zusammensetzung und setzen daher äußeren Einflüssen, welche sie zu verändern streben, keinen großen Widerstand entgegen d. h. sie sind leichtzersehbare Körper. So wie chemische Verbindungen überhaupt nur innerhalb gewisser Temperaturen gelten, deren äußerste Punkte für einfache näher, für complicirte weiter auseinander liegen, so auch hier. Die Brennstoffe sind nicht flüchtig; das chemische Gleichgewicht wird bei steigender Temperatur viel früher aufgehoben, als ihre Verdampfung zu Stande kommt. Die vor sich gehende Zersetzung durch Hitze ist nun nichts Anderes, als ein Umsturz der im Holz z. B. vorhandenen Anordnung der Elemente und unmittelbar darauf folgende neue Anordnung zu Verbindungen, welche bei der einwirkenden Temperatur zu bestehen vermögen. Die Natur der auftretenden Producte hängt demnach lediglich von der letztern ab; sie können bei verschiedenen Zersetzungstemperaturen nicht dieselben sein, sie müssen in Qualität und noch mehr der Quantität nach von einander abweichen; aber der Erfolg wird wesentlich verschieden ausfallen, je nachdem man der Luft (dem Sauerstoff) während des Vorgangs Zutritt verschafft oder nicht. Im ersten Falle nämlich werden die auftretenden Producte sogleich von der energischen Verbindungsfähigkeit des Sauerstoffs in Anspruch genommen und gezwungen, ihre Elemente an ihn abzutreten; es tritt als secundärer Proceß die Verbrennung ein. Der andere Fall, wo also die Zersetzung durch Hitze ohne Zutritt und Störung von Seiten der Luft stattfindet, der Fall der trockenen Destillation, wie es die Chemie nennt, bei welchem die Producte mit Bequemlichkeit gesammelt und studirt werden können, verdient aus dem Grunde hier näher beleuchtet zu werden, weil derselbe strenge genommen, an jeder Verbrennung Theil nimmt, und zudem noch einer wichtigen technischen Umgestaltung der Brennmaterialien zu Grunde liegt. Es wäre in der That eine von der Wahrheit sehr abweichende Vorstellung, wenn man das Verbrennen des Holzes, der Steinkohlen u. als ein unmittelbares, directes Hinzutreten des atmosphärischen Sauerstoffs zu deren Elementen auffassen wollte; im Gegentheil die Hitze des brennenden Theils (z. B. der Oberfläche eines Holzschittes) bewirkt zunächst die trockene Destillation der benachbarten inneren Theile, welche mit der Luft außer aller Verührung sind. Erst wenn diese nach außen gelangt sind, werden sie dem Sauerstoff anheimfallen. Mit einem Worte, es ist eigentlich nicht das Holz, welches wir brennen sehen, sondern die Zersetzungsproducte, welche die Hitze daraus erzeugt hat. — Nach ihren allgemeinen Umrissen ist diese Zersetzung durch bloße Hitze in geschlossenen Gefäßen (trockene Destillation) nun folgende. Von dem Augenblicke an, wo die Elemente durch die Hitze genöthigt sind, ihren bisherigen Gleichgewichtszustand zu verlassen, wird die Bildung der neuen Producte durch dreierlei bewirkt: durch die Temperatur, den Grad der chemischen Anziehung der Elemente, noch gehoben durch ihr unmittelbar vorhergegangenes Austreten (den status nascendi) und ihre Flüchtigkeit. Diese ist bei dem Wasser- und Sauerstoff sehr beträchtlich, bei dem Kohlenstoff vollkommen Null; es entsteht also das Streben jener, sich von diesem loszumachen, als Gase wegzugehen, aber — die chemische Anziehung tritt in den Weg, beide zwingend, zuvor, theils unter sich, theils zusammen oder einzeln mit

dem Kohlenstoff Verbindungen einzugehen. Unter den möglichen Verbindungen wird natürlich die Wahl auf diejenigen fallen, deren Elemente für die herrschenden Umstände so zu sagen die bequemsten sind, d. h. Anziehung und Temperatur am meisten entsprechen. Wasser und Sauerstoff vereinigen sich in dem einfachsten, beständigsten Verhältniß zu Wasser; der Ueberschuß an Wasserstoff, der allen Brennstoffen gemein ist, rafft gewissermaßen soviel Kohlenstoff auf, als ihm die Temperatur gestattet, Grubengas und ölbildendes Gas bildend, während zu gleicher Zeit durch Einwirkung der beiden andern Elemente zusammen auf den Kohlenstoff eine Reihe von ternären Verbindungen hervorgerufen wird. Das gleichzeitige Auftreten aller dieser mit chemischer Anziehung begabter Producte bei hoher Temperatur giebt Veranlassung zu neuer Thätigkeit; es entstehen andere Producte späterer Einwirkung. Kurz die Natur des Processes bietet die Möglichkeit einer zahllosen Menge von Verbindungen dar, welche die Wissenschaft vergebens wird zu erschöpfen suchen, fast so viele als mathematische Combinationen, binäre und ternäre, wechselnd mit den Temperaturen. Die meisten treten in allen Fällen auf, einige sind von Wichtigkeit und verdienen Erwähnung. Außer den Gasen erhält man eine Flüssigkeit, deren untere Schichten eine wässerige Auflösung von Producten ist, worin Essigsäure vorherrscht, deren obere Schicht aber ein flüssiges Gemenge von wasserstoffreichen, den Harzen und ätherischen Oelen analogen Körper ausmacht, welches in der Praxis Theer genannt wird. Der Holzgeist, eine alkoholähnliche Verbindung, so wie die von Reichenbach untersuchten Körper, das Paraffin, Picamar, Kreosot, Kapnomor, Pitacall, ferner Naphthalin, Brandharz und Brandöl sind Bestandtheile davon. Je mehr in einem Brennstoff der Sauerstoff zurücktritt, je mehr er Wasserstoff enthält, wie die Steinkohlen, um so überwiegender wird die Menge der Zersetzungsproducte sein, welche diese mit dem Kohlenstoff hervorbringt. In keinem Fall, so sehr auch eine passende Temperatur die Bildung von kohlenstoffreichen Verbindungen begünstigen mag, weder bei dem Holz, noch weniger bei Torf, Braunkohle oder Steinkohle, sind die beiden anderen Elemente im Stande, allen Kohlenstoff zu binden und wegzuführen, stets bleibt eine namhafte, von dem Hitzegrade abhängige Quantität davon als feste Kohle im Rückstande. Holz, Braunkohle und Torf hinterlassen diese Kohle ganz mit ihrer eigenen Form und Structur, so daß man beim Holz Jahrringe, Zellen, ja die Art desselben aus jener deutlich zu erkennen vermag. Anders verhalten sich die Steinkohlen, als Verbindungen einer verschiedenen Elementaranordnung. Einige Arten derselben gerathen während der Zersetzung in einen erweichten Zustand, eine Art Schmelzung, so daß die Dampfblasen der Zersetzungsproducte gleichsam aus einem Teig sich entwickeln. Die rückständige Kohle, bei den Steinkohlen Coak oder Kohk genannt, ist blasig, mehr oder weniger dicht und hat die Form der Kohle gänzlich verloren. Wenn man mehrere Stücke oder gepulverte Kohlen trocken destillirt, so backen sie zusammen und bilden ein einziges Kohkstück. Solche Kohlen sind reich an Wasserstoff und heißen Backkohlen. Andere Steinkohlen verhalten sich wie Holz, hinterlassen Kohks von derselben Form, ohne zusammenzubacken. Gepulvert, geben sie pulverigen Kohk. Sie heißen Sandkohlen und sind die kohlenstoffreichsten. Zwischen beiden liegen die Sinterkohlen in

Verhalten der
Brennstoffe
in der Hitze.

Verhalten der
Brennstoffe in
der Dige.

der Mitte, bei denen die Kohls der einzelnen Kohlenstückchen zwar aneinanderhaften, aber keine völlige Schmelzung zu erkennen geben. — Die natürliche Feuchtigkeit, so wie der in den Brennstoffen vorhandene Sauerstoff, welcher beim Verbrennen die Bildung von so vielem Wasser verursacht, sind dem Hüttenmann sehr häufig ein Hinderniß gewisse hohe Temperaturen hervorzubringen, deren er meistens benöthigt ist. Man ist aus diesem Grunde schon in sehr frühen Zeiten darauf verfallen, sich der trockenen Destillation als eines Mittels zu bedienen, um sich der Hitze absorbirenden Bestandtheile des Holzes zu entledigen, oder eines Mittels, die Wirksamkeit gewissermaßen zu concentriren, in eine geringere Masse zusammenzudrängen. Darin beruht die Aufgabe der Verkohlungs des Holzes, welche man später auch auf Torf, Braunkohle und besonders Steinkohlen ausgedehnt hat und für letztere dann Verkohlung nennt. Aus der Reihe der natürlichen gewinnt man eine entsprechende Reihe künstlicher Brennstoffe, deren Gewinnung eine besondere Betrachtung erfordert. Von der Verkohlung verschieden sind die später zu betrachtenden Operationen, Operationen, bei denen man durch trockene Destillation einzelner Brennstoffe nicht Kohlen oder Kohls, sondern Theer oder die gleichzeitig auftretenden Gase gewinnen will.

Von der
Holzver-
kohlung.

Bei genauerer Betrachtung der Verbrennung des Holzes, wenn man z. B. einen Spahn am untern Ende anzündet, kann man mit Schärfe zwei Epochen unterscheiden. Sobald nämlich die Flamme, die anfangs an irgend einem Theile auslobert, schwächer wird und verlöscht, haben somit die flüchtigen Zersetzungsproducte, welche in der Luft entflammen, aufgehört und der Proceß endigt in einem ruhigen Verglimmen der rückständigen überschüssigen Kohle. Taucht man den Spahn im Maße, als die Flamme erlischt, in ein enges unten verschlossenes Glasrohr, so wird die Kohle aus Mangel an Luft unverglimmt erkalten. Wirklich gelingt es, auf diese Art den Spahn vollständig zu verkohlen, gerade wie in dem vorher besprochenen Fall, wo man den Zutritt der Luft von vornherein abgesperrt, d. h. das Holz in geschlossenen Gefäßen erhitzt hatte. Die ursprüngliche Verkohlungs-methode im Großen beruht hauptsächlich auf dem ersten Grundsatz, ohne daß der letztere gänzlich ausgeschlossen bleibt. Neuere Methode beruhen auf der Anwendung großer verschließbarer Gefäße. Wie man auch verfahren mag, immer wird der Kohlenstoff des Holzes dann am meisten geschont werden und in größerer Menge zurückbleiben, wenn man dem Sauerstoff Zeit läßt, mit dem Wasserstoff zu Wasser zusammenzutreten. Wirklich hat die Erfahrung den langsamen Gang der Verkohlung als erste Regel festgestellt, wie die Versuche von Karsten bestätigen, welchen wir die von Stolz und Winkler beifügen. Sie erhielten:

Art des verwendeten Holzes.	K o h l e *).			
	Bei rascher Verkohlung.	Bei langsamer Verkohlung.		
		Karsten †).	Stolze †).	Winkler †).
Junges Eichenholz	16,54	25,60	26,1	22,8
Altes Eichenholz	15,91	25,71		
Junges Rothbuchenholz	14,87	25,87	24,6	17,8
Altes Rothbuchenholz	14,15	26,15		
Junges Weißbuchenholz	13,12	25,22	23,8	
Altes Weißbuchenholz	13,65	26,45		
Junges Erlenholz	14,45	25,65		
Altes Erlenholz	15,30	25,65		
Junges Birkenholz	13,05	25,05	24,4	17,6
Bappelholz	—	—	23,8	17,7
Altes Birkenholz	12,20	24,70	24,4	17,6
100jähriges Birkenholz, gut erhalten .	12,15	25,10	23,4	20,6
Junges Fichtenholz, P. picea D. . . .	14,25	25,25		
Altes Fichtenholz	14,05	25,00	21,5	20,1
Junges Tannenholz, P. abies D. . . .	16,22	27,72		
Altes Tannenholz	15,35	24,75	23,7	
Junges Kiefernholz, P. sylvest. . . .	15,52	26,07		
Altes Kiefernholz	13,75	25,95	22,8	16,2
Lindenholz	13,30	24,60		
Eichenholz	—	—	22,1	19,4
Weidenholz	—	—	22,2	15,0

Winkler hatte seine Proben in Ziegel mit Sägespänen eingeseht und rasch zum Glühen erhitzt. Im Allgemeinen gaben die Hölzer bis auf geringe Unterschiede gleichviel Kohle, und bei zu raschem Gange nur halbe Ausbeute.

Die in Frage stehende Methode ist im Wesentlichen nichts Anderes, als die Verbrennung einer Holzmasse unter einer nachgiebigen Hülle (beweglichen Decke), welche dem Köhler die Leitung oder vielmehr Unterdrückung des Luftzutritts bis auf den Punkt vollkommen in seine Gewalt giebt, wo das Verzehrtwerden der Kohle durch den Luftsaurestoff ihren Anfang nimmt. Die Haupthindernisse einer richtigen Leitung und eines guten Erfolgs sind die Feuchtigkeit und Nässe, durch zu starke Abkühlung und scharfen Wind wird die Regulirung des Luftzugs gestört.

Man wählt daher in der passenden Jahreszeit, den Sommermonaten, eine trockene vor Wind (etwa durch eine Bergwand oder Wald) geschützte Stelle, welche dem Orte, wo das Holz geschlagen wird, möglichst nahe sein muß, um überflüssigen Transport zu umgehen, als Meilerstätte und beginnt damit, diese in die Runde zu ebenen. Um sicherer zu gehen, bewirft man die Fläche entweder unmittelbar, oder, wenn man dem Boden wegen Nässe mißtraut, auf

Verkohlung
unter bewege-
licher Decke.
In Weitem.

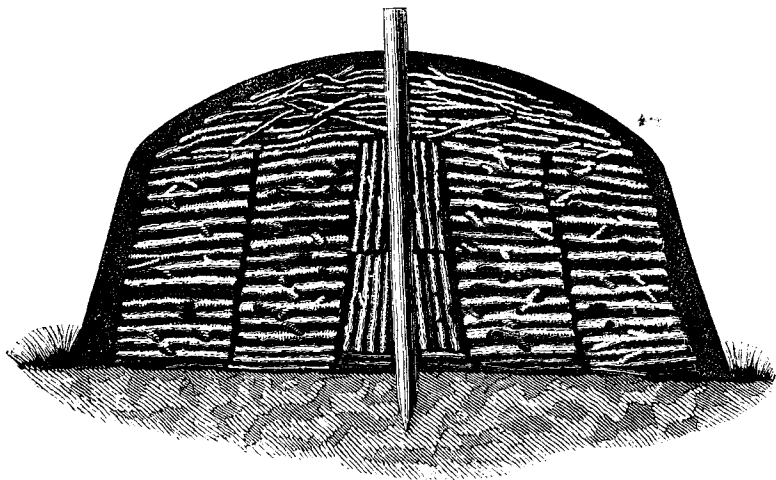
*) Marc. Bull hat für die lufttrockenen, amerikanischen Hölzer dieselbe Kohlen-
ausbeute, nämlich 21 — 25 %, dadurch erhalten, daß er die Proben in scharfkantigen
Stücken in Ziegel mit Kohlenpulver einfüllte und langsam glühte.

†) Die Holzarten der Karsten'schen Versuche waren lufttrocken, die der Stolze's-
chen bei 30° R. und der Winkler'schen in einem warmen Zimmer getrocknet.

Von der
Holzver-
kohlung.

einen vorher gelegten Rost (Unterlage) aus Schindeln, Bohlen, oder dicht liegenden Scheiten, mit einer mehrere Zoll starken Lage von sog. Lösche, oder Kohlenstaub. Die Errichtung des Meilers (Holzstoßes) beginnt von der Mitte aus mit der Aufstellung des Quandels, als Axe, von wo aus der Meiler nachher angezündet wird. Er ist entweder ein starker Pflock, um welchen man die Scheite concentrisch ordnet, mit der Vorsicht, daß man am Boden her einen Kanal vom Quandel nach der Peripherie frei läßt, um brennende Kohlen einschieben zu können, oder man verbindet drei aufrechtstehende Pfähle mit Zweigen so unter sich, daß sie zu demselben Zweck eine Art von Kamin frei lassen. Wie man nun verfahren mag, stets nimmt die Entzündung vom untern Theile des Quandels ihren Ausgang. Man beginnt nun, zunächst um den Quandel leicht entzündliche Stücke, z. B. angebranntes Holz einer frühern Verkohlung, zu schichten und um diese herum die Scheite, welche von möglichst gleicher Länge sein müssen, in zwei oder drei Lagen in der Art übereinander ringsförmig zu ordnen, daß möglichst wenig Zwischenräume bleiben. Aus diesem Grunde müssen die gespaltenen Scheite mit der Kante nach dem Quandel, mit der Rinde nach außen gerichtet und alle durch Krummholz entstandene Höhlungen mit Astholz sorgfältig ausgefüllt werden. Je geneigter die Scheite stehen, um so weniger dicht werden sie aneinander anschließen und umgekehrt; um deswillen giebt man dem Meiler eine so steile Außenfläche, als die Haltbarkeit und das Anhaften der aufzulegenden Bedeckung erlaubt. Ebenso einleuchtend ist es, daß viele Zwischenräume entstehen müssen, wenn man die Scheite, wie hier und da geschieht, horizontal und strahlenförmig um den Quandel in einem oder mehreren concentrischen Ringen schichtet, weil alsdann die äußeren Enden der inneren Ringe zu viel divergiren. Die größten Vortheile bietet die Verbindung beider Verfahrungsweisen (Fig. 1.) und besteht darin, daß man um den Quandel

Fig. 1.



anfangs einen steilen und schmalen stehenden Meiler, als Kern, aufsetzt und denselben durch ringförmig herumliegende Scheite vollendet, welche dicht an den Kern anstoßen, so daß die Neigung (Steilheit) dieses, die Neigung des Ganzen bestimmt. Aus forstwirtschaftlichen Gründen sind die Scheite immer von gleicher Länge und es müssen deshalb die liegenden nach oben eingerückt werden, in dem Maße als der Kern an Dicke abnimmt, wodurch sich die Außenfläche durch treppenartige Absätze abrundet, welche die Bedeckung bedeutend erleichtern. In allen Fällen endigt der Meiler oben in eine Fläche, welche man mit Holzabfällen, Scheiten, Stockholz u. so lange bedeckt und ausfüllt, bis die Oberfläche kugelartig abgerundet erscheint. Diese Bedeckung heißt die Haube, der mittlere Theil des Meilers, da wo bei stehenden Meilern die Lagen wechseln, der Saum oder die Brust, die Basis der Fuß desselben. Seine Größe wird meist durch Zufälligkeiten bedingt, und darf nicht weiter gehen, als die Möglichkeit einer guten Leitung erlaubt; man findet welche von 10 und weniger Fuß Durchmesser bis 20, 40, ja 60 Fuß. Es springt in die Augen, daß der Vortheil einer geringern Abkühlung auf Seiten der großen sein muß, weil sie gegen den Rauminhalt wenig Oberfläche haben. Als Halbkugeln betrachtet, ist bei Meilern von 30' und 60' Durchmesser die Oberfläche bei dem einen $\frac{1}{5}$, bei dem andern $\frac{1}{10}$ des Inhalts, also bei dem größern um die Hälfte kleiner. Es bleibt noch übrig, den Meiler, nachdem er geschlossen, d. h. alle Vertiefungen und Höhlen mit kleinem Holz ausgefüllt sind, gegen die Luft abzuschließen, oder mit der Decke zu versehen. Befeuchtete Kohlenlöshe (staubförmige Kohlenabfälle) dient am vorzüglichsten, weil sie sich dicht und leicht zusammenballt, weniger gut Erde oder gar Sand; alle würden aber in die Zwischenräume der Scheite fallen, wenn man nicht zuvor den Meiler mit einer Lage (ersten Decke) von Rasen, die Erdseite nach außen, Laub oder im Nothfall Moos überzüge. Diese erste Decke reicht aber nicht bis auf den Boden, sondern ruht in einem Abstände von einigen Zollen darüber auf Zweigen, die mit Gabeln gegen das Holz ringsum gespreizt werden und Rüstung heißen. Durch den freien Raum am Fuß sollen nämlich die sich zu Anfang entwickelnden Wasserdämpfe entweichen; denn würde man oben in der Haube einen Ausweg offen lassen, also in der Richtung des Zugs, so würde der Meiler auf eine schädliche Weise dadurch angefacht werden. Im Gegentheil verstärkt man die Decke, welche an der Seite 3 bis 5 Zoll hat auf der Haube bedeutend. Ist die zweite Decke aus Löshe oder Sand aufgetragen und angedrückt, was auch zuweilen erst später geschieht, so schreitet man zum Anzünden; früh Morgens bringt man glühende Kohlen entweder durch den Kanal am Fuße des Meilers, oder (bei der andern Art) von oben in den Quandel und sucht die in dessen Nähe befindlichen Brände und dünneren Spalten rasch zu entzünden. Ist dies gelungen und die Zündöffnung wieder bedeckt, so beginnt die erste Periode, nämlich die Entfernung der im Holz befindlichen Feuchtigkeit, das Abbähen. Hierbei ist eine ungetheilte Aufmerksamkeit nöthig, wenn man nicht den Meiler durch die Gewalt der zu rasch entwickelten Dämpfe mit Explosion auseinander geworfen wissen will. Die Dauer des Abbähens läßt sich leicht nach der Beschaffenheit des Rauchs bestimmen, der sich dabei als gelblichgrauer Qualm trüg fortwälzt und einen Theil seiner Dünste

Von der
Holzver-
kohlung.

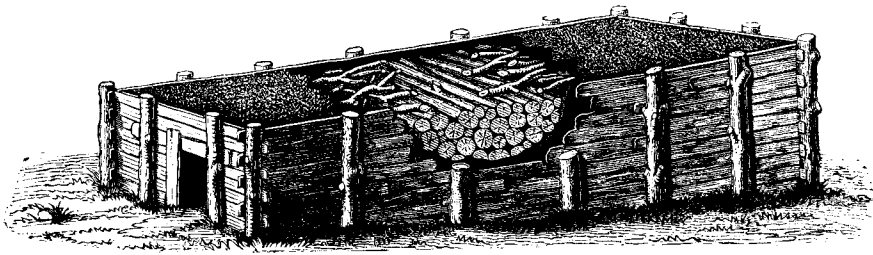
in der Decke niederschlägt, die sich dadurch stark befeuchtet (schwitzt). Wendert sich die Natur des Rauchs, wird er mehr grau und leichter, so giebt man auch unterhalb der Rüstung eine Decke und schreitet zur zweiten Periode. Zuvor aber erfordert der Zustand des Meilers gewisse wichtige Ausbesserungen; das Quandelholz, unterdessen allmählig verzehrt, hinterläßt Höhlungen, welche ein Einsinken oder Zusammenrücken, Bildung von größeren Zwischenräumen, Beschädigung der Decke verursachen und Luft eintreten lassen. Durch rasches Wegnehmen derselben wird die Haube einen Augenblick bloßgelegt, das Holz in der Quandelgegend mit einer starken Stange zusammengestoßen, der entstandene Raum mit Holzstücken und Bränden ausgefüllt (das Füllen) und die Decke sogleich fest angetrieben. Es beginnt nun durch Verbrennen eines kleinen Theils die trockene Destillation der übrigen Masse, die eigentliche Verkohlung, das Treiben genannt. Der Meiler bleibt dabei mehrere Tage sich selbst überlassen, während man nur Sorge trägt, durch rings um den Fuß eingestohene Oeffnungen (Fußräume) den Abzug der Theerdämpfe und den erforderlichen Luftzutritt zu unterhalten, der ohnehin schon durch die poröse Decke selbst einigermassen stattfindet. Dabei nimmt der Umfang des Meilers sichtbar ab, wobei man sein Augenmerk darauf zu richten hat, ob dieses Schwinden stellenweise stärker oder überhaupt ungleichförmig stattfindet. Alsdann hat sich die Verkohlung einseitig lebhafter entwickelt, nach gewissen Stellen vorzugsweise hingezogen und wird dadurch wieder in die gewünschte Richtung zurückgeführt, daß man dort die Decke verstärkt oder selbst gerade gegenüber Zugöffnungen einstößt, welche den Zug von da ab und hierhin leiten. — Mit dem Treiben wäre eigentlich die Arbeit des Köhlers vollendet, wenn nicht an gewissen Stellen des Meilers Nachhülfe nothwendig wäre. Es ist nämlich unmöglich, das Feuer im Treiben bis dicht unter die Decke zu verbreiten, weil das gerade unter derselben liegende Holz durch zu große Abkühlung und daselbst verdichtete und angesammelte Feuchtigkeit, einer so sehr unterdrückten Gluth widersteht. Es wird daher nöthig vor dem Schluß, — zu einer Zeit also, wo die Masse des Holzes im Innern bereits verkohlt ist — den Proceß durch vermehrten Luftzutritt auch bis in die äußerste Peripherie des Meilers zu verpflanzen. Zu dem Ende, dem Zubrennen, beeilt man sich, in der Höhe der Brust einen zweiten Kranz von Räumen einzustoßen, die mit den Fußräumen, aber unter größeren Abständen, gleich läuft. Man hat nicht nöthig, diese Räume höher zu verlegen, weil der Zug bei seiner natürlichen Richtung nach oben in der Haube hinreichend wirkt. Nach einiger Zeit wirbelt der aus den Mittelnräumen vordringende, anfangs dicke schwarze Rauch in Gestalt dünner bläulicher Wölkchen hervor, worauf man die Oeffnungen sogleich zuwirft, um etwa 2 Fuß tiefer neue einzustoßen, davon sich dieselben Erscheinungen wiederholen. Sehr große Meiler verlangen noch eine dritte Reihe von Oeffnungen, bis man endlich an den Fußräumen angelangt, das Feuer stellenweise, anstatt des Rauchs, aus diesen hervorbrechen sieht. Es beweist eine tadellose Arbeit, wenn dies am ganzen Umfange gleichzeitig geschieht. Ueberall, wo Flammen hervorbrechen, unterdrückt man sie sogleich durch dichte Löschhe und sucht es im Gegentheil durch neue Räume dort zu beschleunigen, wo das Feuer zurückblieb, bis zuletzt der Meiler unter gänzlich geschlossener Decke steht, oder in der Gaare ist. Man kann einiger-

maßen aus seinem Ansehen auf den Gang der Arbeit schließen; obgleich er jederzeit stark zusammensinkt, so wird dies jedoch bei aufmerksamer Behandlung sehr gleichmäßig vor sich gehen, während Verschiebung, Ausbauchungen, muldenförmige Vertiefungen das Gegentheil beweisen. — Ein Aufreißen des ganzen Haufens würde entweder denselben in Flammen setzen und verderben, oder eine allzulange Zeit zu seiner gänzlichen Abkühlung erfordern; die Kohlen werden deshalb einzeln gezogen.

Der Köhler macht nämlich am Fuß des Meilers, durch Abwerfen der Decke, eine mäßige Oeffnung, zieht mittelst eines Hakens so viel Kohlen hervor, als die Zeit erlaubt, um dieselbe sogleich wieder zuzuworfen, ehe die Luft zu stark auf die entblößte Stelle gewirkt hat; so fährt man fort um den ganzen Meiler herum, indem man die gezogenen Kohlen, welche noch glühend hervorkommen, durch Ueberdecken mit Sand, Lösche, oder Besprengen mit Wasser löscht, was am besten des Nachts geschieht, wo das Auge jeden Funken unterscheidet. — Die Verkohlungszeit wechselt mit der Größe der Meiler von 6 und 14 Tagen bis 4 Wochen, bei solchen von 30' Durchmesser und mehr. —

Ein in der Aufschichtung und dem Gange der Arbeit, nicht aber dem Princip nach verschiedene Verkohlungsart ist in gewissen Gegenden, z. B. im Wienerwalde gebräuchlich und heißt die Haufenverkohlungsart. Das Holz wird daselbst in Form eines schmalen, langgestreckten und liegenden Keils (Fig. 2.) aufgesetzt,

Fig. 2.



dessen Breite die Länge der Scheite einnimmt, dessen Länge aber herkömmlich auf 20 bis 30 Fuß ausgedehnt wird. Das dicke, und in Bezug auf den Gang der Arbeit hintere Ende des Haufens erreicht die Höhe von 7—9, das vordere dünne Ende, von 2 Fuß. Abgesehen von der abnehmenden Dicke (Höhe) des Haufens, erhält derselbe vermöge der sanften Böschung der Stätte eine Neigung nach vorn, so daß der Fuß nach rückwärts aufsteigt. Für die Lage und Bedeckung derselben gilt das bereits Gesagte. Die Errichtung beginnt damit, daß man um den ganzen Umfang des abgesteckten Vierecks, welches in Breite und Länge der künftigen Haufen übertreffen muß, Pfähle einrammt, welche nach hinten höher, in allen Punkten der Höhe des Haufens entsprechen. Hat man nun, auf eine zuvor hergerichtete Unterlage von langen Stangen dem Haufen entlang, die ungespaltenen 8 Fuß langen Klöße der Quere nach immer höher und höher aufeinander gesetzt und somit den Haufen errichtet, so bleibt zwischen den ein-

Von der Holz-
verkohlung in
Haufen.

gerammten Pfählen und den Seiten desselben ein 6 Zoll breiter Zwischenraum. Er dient zur Aufnahme der Decke, welche sonst an den senkrechten Wänden nicht frei haften würde. Zu dem Ende lehnt man Bretter, Schindeln oder ähnliches Flachholz, von innen nach außen gegen die Pfähle zu einer Art von Verschaalung an, stampft zwischen diese und das Holz Löschhe ein und baut so weiter auf, bis die Seiten bedeckt sind. Meist endigt der hintere dicke Theil, das Seegel, nicht mit einer senkrechten Wand, sondern einer flachen Wölbung, welche der Decke ohne Verschaalung hinreichend sichere Unterlage gewährt. Wenn alle Zwischenräume gehörig ausgefüllt sind, so deckt man die dachgeneigte Oberfläche mit einer dreifachen Decke aus Reißern, Laub und obenauf aus Löschhe. An den beiden langen Seiten sind in der Brettwand (nicht in der Decke) zum voraus eine Anzahl von Oeffnungen für die Räume gelassen, so wie an der niedern Vorderwand eine derartige größere, mit den dort angehäuften Bränden und kleinem Holz für das Anzünden correspondirt, welches man durch Einschieben glühender Kohlen zwischen Rost und Haufen bewerkstelligt. Hat das Feuer gefangen, was man am Rauch erkennt, so wirft man die Zündöffnung zu, um sogleich vorn, etwa 15 Zoll über dem Boden 3 bis 4 etwa zöllige Raumlöcher einzustoßen. Der zwischen diesen befindliche Theil des Haufens kommt nun in's Treiben, während der nächstfolgende (höhere und dickere) im Abbähen begriffen ist. Geben die Raumlöcher durch Ausstoßen von bläulichem Rauch die annähernde Gaare zu erkennen, so rückt man fort, indem man die offenen Räume schließt und neue, aber in zunehmender Höhe vom Boden öffnet, bis man endlich am Seegel anlangt. Um das Feuer bis auf den Rost niederzuziehen, was wegen der Abkühlung und Feuchtigkeit schwerer hält, bringt man jedesmal dicht über dem Boden einige Räume in dem gaarenden Theil des Haufens an. Ist man endlich so weit in die Länge vorgerückt, als der Haufen Breite hat, so beginnt man am Kopfende die gaaren Kohlen zu ziehen. — Zuweilen zieht man es vor, die Scheite zu spalten und der Längenseite des Haufens parallel zu legen, wobei die Verkohlung sich leichter verbreitet und weniger Räume erfordert. Die Beobachtung, nach der man der Kohle aus Haufen bessere Qualität zuschreibt, als derjenigen der Meiler, weilsene sogleich nach der Gaare gezogen werden, hat Einiges für sich. —

Allgemeines
über Haufen
und Meiler.

Der beschriebene Proceß der Holzverkohlung, seit mehr als 2000 Jahren *) bekannt, gehört unbestritten unter die zahlreichen Erfindungen, bei welchen ein richtiger praktischer Sinn der Vorzeit der spätgeborenen Theorie wenig mehr zu thun übrig ließ, als die naturgerechte Erklärung. Einfach und sinnreich wie sie ist, ist sie bis jetzt keinem verbessernden Vorschlag in einer durchgreifenden Weise gewichen. Wirklich ist kein Ort denkbar, wo man Holz fällt, wohin man es schwemmt oder im Gebirge durch die Rutschen befördert, ohne daß daselbst zugleich die einfachen Mittel zu Errichtung eines Meilers geboten wären; ein Umstand, darum so wichtig, weil das Holz ungemein viel mehr Transportkosten verursacht, als fertige Kohlen. Ferner, wie bemerkt, schwindet das Holz bei der Verkohlung und zwar um 20 bis 25 %, so daß ein Meiler von 3600 C. F. nach der Verkohlung nur noch 2250 C. F. einnehmen, und eine

*) Schon Theophr. Erosius, der 300 v. Chr. lebte, und Plinius beschrieben denselben.

Höhlung von 750 C. F. hinterlassen würde, in welche die äußere Luft eindringend einen Theil des Holzes nutzlos verzehrte. Aber die Höhlung entsteht nicht, weil die nachgiebige Decke stets mitsinkt und (bei einiger Aufmerksamkeit) jedem ähnlichen Schaden begegnet. Keine Einrichtung wird eine so subtile, sichere und leichte Führung des Luftzutrittes — von dem doch die Operation wesentlich abhängt — gestatten, als die bewegliche Decke. Jeder Stich mit der Raumstange ist ein geöffneter, jede Schaufel Erde ein geschlossener Hahn, der überall in Bewegung gesetzt werden kann. Endlich gelingt es ohne Fehl, das Feuer allen Punkten der Holzmasse zuzuführen, wie ausgedehnt sie auch sein mag; wegen der eigenthümlichen Natur des Ganges. Die Aufgabe des Köhlers besteht nämlich darin, den größern Theil der Holzmasse durch trockne Destillation dadurch zu verkohlen, daß er einen geringern Theil der Verbrennung aufopfert, welche ihm die hinreichende Temperatur liefert. Der Inhalt des Kohlenmeilers muß zu einem gewissen Theil als der nöthige Brennstoff betrachtet werden, womit der Köhler seine Operation durchführt. Während die zugelassene Luft die eine Spalte theilweise verbrennt, unterliegt die nächstbenachbarte der daraus entwickelten Hitze, zerlegt sich in trockner Destillation, um zuletzt auch ihrerseits eine kurze Zeit dem Luftsaurestoff ausgesetzt zu werden; die Fertigkeit des Arbeiters beruht nun darin, genau zur passenden Zeit einzuschreiten und dem Holze gerade dann die Luft zu entziehen, wenn die nebenliegenden Theile in selbständiger Zersetzung begriffen sind. Dieses Geschäft wird ihm dadurch so sehr erleichtert, daß er die Dämpfe gegen ihren Willen gewissermaßen zwingt, von oben nach unten zu entweichen, was nur mit einer Verzögerung des Processes geschehen kann, welche ihm den jedesmaligen ange deuteten Wechsel weiter auseinander rückt, leichter erfassen läßt und ihm zugleich Zeit giebt, gehörig einzuschreiten. Endlich verdient noch als wichtig hervorgehoben zu werden, daß man das Feuer sich vom Quandel, also vom Mittelpunkt nach dem Umfange verbreiten läßt, weil auf diese Art der bereits gaare Kern des Meilers gegen die schädliche Berührung mit dem Sauerstoff durch einen Mantel brennenden Holzes, also undurchdringlich gegen die Luft, geschützt wird. Diesen bestimmten Vorzügen gegenüber lastet auf der andern Waagschale eine Unvollkommenheit, welche ebensowenig widerlegbar, zu zahlreichen Vorschlägen Veranlassung gab: der völlige Verlust aller verwertbaren Nebenproducte, nämlich des Theers und der brandigen Essigsäure. Die Verwerthbarkeit beider ist aber von der Gegend abhängig und häufig äußerst gering, doch hat man auf mehrfache Weise, aber nicht immer mit Erfolg, versucht, sie zu gute zu machen. Das Auffammeln derselben an den Meilern schadet meistens mehr durch Störung im Gange, als es für sich nützt. Einige empfahlen, die Decke aus gelöschtem Kalk zu machen, um wenigstens die Säure als essigsauren Kalk zu gewinnen; Andere wollten dieselbe aus transportablen mit Lehm überkleideten Horden bestehen lassen, welche die Dämpfe durch angebrachte Röhren in Verdichtungsgefäße abführten. Dies heißt aber so viel, als die Decke ihrer vorzüglichsten Eigenschaft, der Nachgiebigkeit berauben. Am meisten sind die beschriebenen Haufen geeignet, um daran ohne Nachtheil Verdichtungs- vorrichtungen anzubringen, was am besten so geschieht, daß man hinten am Seegel durch die Verschäalung ein Rohr eintreten läßt, welches die Dämpfe in Gefäße mit

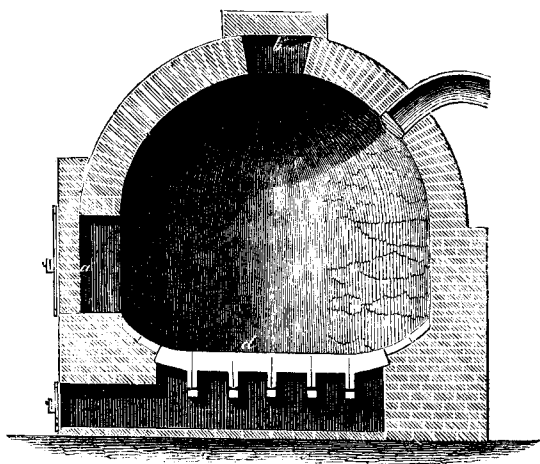
Von der Holz-
verkohlung.

Wasser führt. Wenn man nicht genöthigt ist, mit der Meilerstätte den Holzhauern zu folgen, wenn das Holz z. B. in Hochgebirgen durch Rutschen u. immer nach derselben Stelle geschafft wird, so bietet sich dadurch das einfache Mittel dar, die stehende Meilerstätte in Form eines flachen Trichters auszumauern, welcher an der tiefsten Stelle, im Mittelpunkt also, in einen engen nach einer seitwärts gelegenen Grube führenden Kanal endigt, worin sich Theer und Brandessig sammeln.

Das Streben, alle Producte gleichzeitig zu gewinnen und die Hoffnung auf größere Kohlenausbeute hat sehr wahrscheinlich zuerst die Veranlassung gegeben, die Meiler gegen feststehende gemauerte oder eiserne Apparate, nämlich Verkohlungsöfen, zu vertauschen; einige sind, wie Meiler darauf berechnet, daß die Verbrennung eines Holztheils im Innern, durch geringen Luftzutritt die Verkohlungsgröße hervorbringt; sie sind Öfen, deren Wände eine feste Meilerdecke bilden. Bei anderen ist der Theil des Holzes, welcher zur Erzeugung der Hitze verbrannt wird, vollkommen von dem zu verkohlenden Antheil getrennt; dieser befindet sich innerhalb, jener außerhalb des Ofens. Eine richtige Einsicht in die Sache hat gelehrt, die aus einem Holzstoße sich entwickelnden Gase und Dämpfe, insofern sie fast nur Producte der trocknen Destillation und unverbrannt sind, als wirklichen Brennstoff anzusehen, der bei den Meilern verloren geht, und also darauf hingewiesen, von dem Zeitpunkte ihrer reichlichen Entwicklung an, die Verkohlung bis zu Ende zu betreiben. — Bei dem in der Fig. 3.

In Öfen.

Fig. 3.



dargestellte Ofen findet der Zutritt der Luft durch den Rost Statt. Das Füllen geschieht durch die Oeffnungen *a*, später durch *b* im Gewölbe, das Kohlenziehen durch *a* allein. Alle Oeffnungen werden während der Operation vermauert. Mittelfst der genau schließenden Thüre des Aschenfalls wird der Luftzug regulirt. Man läßt die Luft so lange Zutreten, bis die Mauern des Ofens eine

Hitze erreicht haben, welche zureicht, um die Verkohlung zu beendigen und schließt die Thüre vollständig ab und bewirft sie mit Erde, wenn dicke qualmende Theerdämpfe erscheinen. — In Rußland, Schweden und nach Kavanbo's Bericht auch in China ist die sogenannte Grubenverkohlung die übliche, wobei die Wände einer Grube den Ofen bilden. Diese ist meist an einem Abhange gelegen, kegelförmig nach unten enger; zur Seite befindet sich ein Theerbehälter, welcher mit der Sohle der Grube durch ein geneigtes Rohr in Verbindung steht.

Von oben wird dieselbe, wenn sie mit kleingespaltenem Holz angefüllt ist, mittelst einer gewöhnlichen Erddecke geschlossen, durch deren Raumlöcher der Luftzug stattfindet. Der von de la Chabreaussière vorgeschlagene Ofen ist nichts weiter als eine sorgfältiger vorgerichtete Grube, welche nach ähnlicher Weise arbeitet und ebenso, wie die vorige mehr für die Theer- als Holzkohlengewinnung geeignet ist. Bei gleicher Form derselben, geschieht der Luftzug von unten durch eine Anzahl Kanäle, welche in der Ofenwand niedergehen und seitwärts über der Sohle einmünden. Von oben schließt eine eiserne Haube das Ganze in der Art, daß einige Zoll unterhalb das Ableitungrohr für den Theer einmündet. In Folge der starken Abkühlung bleiben zu viel Brände.

Von der Holzverkohlung in Gruben.

Abweichend hiervon sind die Defen, bei welchen die Verkohlung durch mehrere Reihen in der Mauer angebrachter Löcher (Raumlöcher) geleitet wird. Sie fassen 7 bis 8 Stecken Holz, sind viereckig, um dasselbe dichter einsetzen zu können und von oben flach überwölbt. Die unterste Reihe der Räume liegt im Niveau der Sohle, die folgende 18 Zoll höher und die übrigen in Abständen von 3 Fuß von einander. Beim Einsatz des Holzes, was so dicht als möglich geschehen muß, bildet man über der Sohle einen Kanal, die Feuergrasse, welche von außen durch die Thüre, mit welcher er correspondirt, zugänglich und zum Anzünden bestimmt ist. Durch ein am obern Theil des Ofens befindliches Rohr ziehen die Dämpfe ab. Zum Beschießen des Ofens und zum Kohlenziehen sind besondere Oeffnungen vorhanden. Ist der Ofen soweit in Thätigkeit gekommen und hat er eine gewisse Hitze erreicht, so schließt man die Raumlöcher mit Thonpfropfen nach Maßgabe des Ganges, um mit der eintretenden Gaare den ganzen Ofen mit Thon zu verstreichen. Erst dann kann zum Kohlenziehen geschritten werden, wenn die vollständige Abkühlung des Ofens eingetreten ist, weil vor Ablauf dieser Zeit, nämlich von 2 bis 3 Wochen, die eindringende Luft die noch glühenden Kohlen stark verzehren würde. — Die zweite Art der Defen, bei welchen ein besonderes Feuer von außen wirkt, bieten zwar den großen Vortheil einer leichten und vollständigen Auffammlung aller Producte, einen Vortheil übrigens, der durch die Nothwendigkeit mit nur geringen Holzquantitäten zu operiren, reichlich aufgewogen wird; denn es leuchtet ein, daß bei der schlechten Wärmeleitfähigkeit des Holzes und der Holzkohlen, das Vordringen der äußern Hitze in den Kern eines größern Ofens einen unbefiegbaren Widerstand findet, welcher ihre Wirksamkeit daselbst vernichtet. Ein Fall, für welchen derartige Ofeneinrichtungen als sehr zweckmäßig gelten können, ist derjenige, wo man nicht sowohl die Kohlen, als vielmehr die Gewinnung des Theers im Auge hat, die Theerschweelerei. Nach der Erfahrung geben die Nadelhölzer, weil sie mit wasserstoffreichen Harzen und Terpenthinöl durchdrungen sind, am meisten Theer; man wählt darum die harzigsten Stücke, Kienstücke. Die Theeröfen, Pechöfen, gewöhnlich an Ort und Stelle im Walde aus Lehm geschlagen, sind zwei in einander geschachtelte, überwölbt hohle Cylinder, deren innerer, zur Aufnahme der Kienstücke bestimmt, mit seiner in der Kuppel befindlichen Mündung über den äußern etwas hervorsieht, welcher seinerseits, anfangs in einem Abstand von einigen Zollen aufsteigend, sich oben vollkommen an jene Kuppel anschließt. Der Zwischenraum zwischen beiden ist die Feuerung, zu deren Unterhaltung einige Oeffnungen

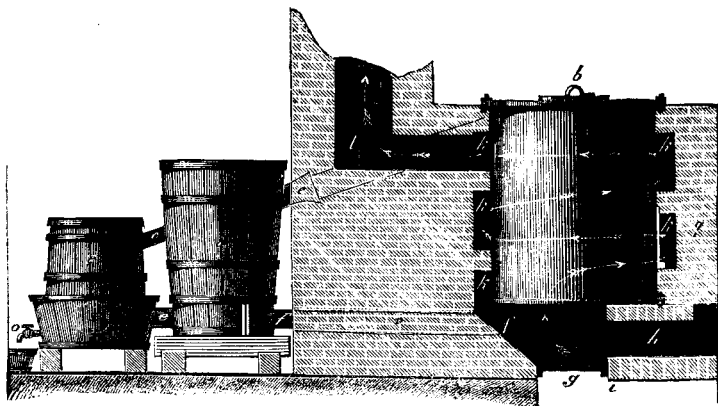
In Defen.

Das Theerschweelen.

Von der Holz-
verkohlung in
Defen.

bleiben. Die Sohle des innern Raums vertieft sich trichterförmig und endigt in ein Rohr, welches durch den Zwischenraum und Mantel zum Theerbehälter führt. Ist der Ofen mit Kienstücken angefüllt, so schließt man die Einsatzöffnung und giebt in den ringförmigen Zwischenraum so lange Feuer, als noch Theer nach unten abdestillirt. Die in den Verdichtungsgefäßen obenauf schwimmende zähe, anfangs gelbbraune, gegen Ende schwarzbraune Flüssigkeit ist der Theer, eine Auflösung von Brandharz in flüchtigen Oelen und Essigsäure. Wird derselbe von der wässerigen untern Schichte getrennt und für sich destillirt, so erhält man ein Gemisch von diesen, das Kienöl, während jene als Schiffstheer zurückbleiben. Nach Stolze geben die Laubhölzer 9 bis 10, die Nadelhölzer 13 bis 14 % Theer. — Eine sehr passende Einrichtung, um beides, Kohle und Theer, zu gewinnen, zeigt die Fig. 4. Der Raum, worin sich das zu verkohlende

Fig. 4.



Holz befindet, ist ein eiserner Kasten (gemauerte erfordern zu viel Holz zur Heizung) von ein bis höchstens zwei Steckern Inhalt, welcher auf einer Rostfeuerung aufsteht, deren Züge um die Seitenwände des Kastens spiralförmig herumlaufen, um dann in den Schornstein zu münden. Bei *b* ist die Einsatzthüre; das Rohr *c* führt alles Flüchtige anfangs durch den Kühlapparat *d*, leitet von da die verdichteten Dämpfe in die Vorlage *e*, über welcher dasselbe, bei *f*, mit einem Seitenrohr versehen ist, welches zu ihrem Bestimmungsorte, dem Feuerheerd, führt. Wenn das im Beginn in *g* angezündete Reisigfeuer den Kasten zum Glühen gebracht hat, so fangen mit dem ersten Dampfe schon brennbare Gase an zu erscheinen; sobald diese sich mehren, öffnet man den Hahn bei *o*, um sie in das Feuer einstreichen zu lassen, welches nun lediglich dadurch, ohne Nachschüren, unterhalten wird. Nach etwa 16 Stunden löscht man das Feuer durch Abheben der Gase, läßt erkalten und zieht die Kohlen. Es ist bereits hervorzuheben, daß Defen, wie der beschriebene, mit dem Meiler verglichen, nur kleinere Quantitäten zu bearbeiten erlauben, eine Schwierigkeit, die man dadurch zu heben suchte, daß man größere Kästen construirte, welche an vielen Stellen mit Heizröhren durchsetzt sind, so daß die Erhitzung nicht allein am Umfange, sondern

auch an vielen Stellen in der Mitte stattfand. Leitet man die Heizung so, daß die Flamme so wenig überschüssigen Sauerstoff als möglich, oder keinen enthält (Reductionsflamme), so können die Röhren füglich und mit Holzersparsiß wegbleiben, insofern alsdann der Sauerstoff immer noch abgeschlossen bleibt. Auf diesen Schluß ist die Construction der von Schwarz in Schweden eingeführten Defen begründet, große, allseitig geschlossene, gemauerte Räume, in welche von der einen Seite die heißen Gase (Flamme) eines besonders angebauten Heerdes, auf der andern Seite das Theerrohr einmündet. Das Einsetzen, was auch für die übrigen Defen gilt, geschieht so, daß die dünneren, entzündlicheren Scheite an den Boden, wo die Verkohlung schwerer ist, zu liegen kommen und umgekehrt. In der Ausübung haben sich die von dieser Einrichtung gehegten Erwartungen, den Meilern gegenüber, nicht eben bestätigt. Besser wird man seine Rechnung finden, wie an einigen Orten geschieht, wenn man eine sonst unbenutzt aus einem Ofen entweichende Flamme der besondern Feuerung substituirt. So hat man die beim Schmelzen der Eisenerze in die Luft entweichende Flamme geschickt zum Betrieb von Verkohlungsöfen benutzt, deren mehrere um diese sogen. Sichtflamme herumstehen. Angenommen alle seien mit Holz beschickt, so leitet man (durch Schiebhühen) die Flammen so lange in den ersten, bis die Hitze daselbst ausreicht, die Verkohlung zu beendigen, worauf man dieselbe von da absperert und dem folgenden zukommen läßt u. s. f. Ist der letzte abgetrieben, so hat man mittlerweile den folgenden beschickt. —

Von der Holzverkohlung in Defen.

Die Ausbeute an Kohlen variiert auf den ersten Blick sehr bedeutend. Die auf Berthier's Veranlassung von Junker auf den Hüttenwerken in Plauen im Großen angestellten Beobachtungen sind vor allen geeignet, darin einen sichern Anhaltspunkt zu gewähren. Die folgenden Hölzer, sämmtlich 32jährig, wurden in gleichen Meilern von 5 Klastern Inhalt verkohlt und vorher gewogen. Das Gewicht der Kohlen ist unmittelbar nach dem Ziehen derselben genommen, noch ehe sie Wasserdämpfe absorbirt hatten. Leider wurde der Feuchtigkeitsgehalt der Hölzer unbestimmt gelassen.

Ausbeute.

Es ergab:

Art des Holzes.	Kohlen.	Brände.
Grünes Rothbuchen., gefällt im Mai 1832	19,7 %	0,6 %
Entrindetes Rothbuchen., gef. im Mai 1832	23,0	0,3
Trocknes Rothbuchen- u. Eichen., 2jähr., ber.	24,0	0,3
Trocknes Eichen., 2jährig, entrindet	25,7	0,34
Grünes, ber. Eichen., gef. im Mai 1832 . .	22,4	0,3
„ entr. „ „ „ „ „ „	21,2	1,0
Grünes, berindetes Eichen., gef. im Mai 1832	18,8	
Gleiche Theile ber. Rothbuchen- und Eichen., im Jan. 1831 gef. und Aug. 1831 verkohlt .	23,4	0,5
Grünes Rothbuchen., ber., sogleich verkohlt .	12,9	0,3
Grünes, ber. Eichen., sogleich verkohlt . . .	13,5	0,4

Die 5 ersten Versuche sind im August, also bei guter, die 5 letzten Versuche im Januar, also bei ungünstiger Jahreszeit angestellt. Alle zusammen geben als mittlern Ertrag 20 %, die Defen geben 23 bis 27 % des an-

gewandten Holzes. Um aber einen reinen Vergleich zu ziehen, muß $\frac{1}{3}$ noch zum Holze hinzugerechnet werden, welches die Heizung der Oefen im Durchschnitt consumirt, so daß jene 27 Gewichtstheile Kohlen von 120 Theilen Holz herrühren, mithin nur gegen 22 % Kohlen erzeugt werden und nicht viel mehr, als in den Meilern. Dagegen zieht der Ofen Anlage- und Reparaturkosten nach sich, welche die Errichtung und Wartung der Meiler sehr weit übersteigen. Davon abgesehen, daß die beschriebenen Methoden einander wenig herausgeben, läßt sich doch nicht leugnen, daß sie nur $\frac{2}{3}$ des im trocknen Holz enthaltenen Kohlenstoffs geben, so daß man die Zweifel über die allgemeine Mangelhaftigkeit der herrschenden Methoden nicht unterdrücken kann. So wie es verwendet wird, enthält das Holz durchschnittlich 20 % hygroskop. Wasser, 40 % Wasser- und Sauerstoff zusammengenommen und ebensoviel Kohlenstoff. Während des Processes wird dieser in Anspruch genommen, um 1) alles gebildete und vorhandene Wasser zu verdampfen; 2) mit Theilen der beiden anderen Elemente Theer, Holzessig zc. zu bilden; 3) diese ebenfalls zu verdampfen; 4) die Kohlenmasse auf die Glühhitze zu bringen und 5) die fortwährend an die Umgebung verlorengehende Wärme zu erzeugen; nur der gebliebene Rest, nachdem allem genügt ist, wird die Kohlenausbeute vorstellen. Nimmt man nun an, Wasser- und Sauerstoff träten geradezu zusammen, ohne Kohle aufzunehmen, so wären $40 + 20 = 60$ % Wasser zu verdampfen, wozu (siehe unten) $5\frac{1}{2}$ % Kohlen nöthig sind; von 34,5 werden 0,6 verbraucht um den Rest zur Rothglühhitze zu bringen und 1 bis 2 % für die verlorengehende Wärme. Eine Methode, welche die übrigen 32 % Kohlenstoff ansbringen soll, mußte also den Sauer- und Wasserstoff zwingen, unter sich zusammenzutreten, ohne von ihrer Verwandtschaft zum Kohlenstoff Gebrauch zu machen, wozu die Wissenschaft, als einer gegen die chemischen Geseze laufenden Forderung, keine Aussicht giebt. Aus Stolz's Versuchen ergibt sich der Kohlenstoff des Theers und der Essigsäure gegen 11 % von dem des Holzes. Angaben, wie die Kavanbo's, wonach die Chinesen 30 bis 35 % des frischgefällten Holzes erhalten, also den ganzen Kohlengehalt, sind ungereimt.

Gewicht der
Kohlen.

Die Kohlen verschiedener Holzarten sind nicht reiner Kohlenstoff, insofern man daraus durch weiteres Erhitzen noch einen Rückhalt von flüchtigen Stoffen — 7 und mehr % — austreiben kann. Außerdem ist ihre Beschaffenheit ungleich: die der weichen Hölzer sind weit lockerer als die der harten, d. h. 1 E. F. weiche Kohlen wiegt weit weniger als 1 E. F. harte, ein Unterschied, der sich im Hüttenwesen deutlich fühlbar macht. Nach Hassenfranz, der die besten Bestimmungen gemacht hat, sind die eigenthümlichen Gewichte der Kohlen folgende: von Erlen 0,134, Birken 0,203, Weißbuchen 0,183, Eichen 0,155, Rothbuchen 0,187, Rothtannen 0,176, Linden 1,06. Man würde damit nur dann das Gewicht irgend eines Maßes Kohle finden und den Werth verschiedener Sorten daraus mit Sicherheit vergleichen können, wenn diese nicht beim Aufeinanderliegen Zwischenräume bildeten, über deren Quantität man in Ungewißheit bleibt. Folgende Angaben sind das Mittel aus vielen Beobachtungen im Großen; darnach wiegt, Zwischenräume gerechnet, 1 E. F. Buchenkohle (aus Scheitholz) 8 bis 9 Pfd., dieselbe (aus Prügelholz) 7 bis 7,5, Kohle von Eichenscheitholz 7 bis 8 Pfd. von Prügelholz 6 bis 6,5, von den weichen Hölzern 4,5 bis 5,5,

Nadelholz 5,5 bis 7 Pfd. — Beachtung verdient die auf ihrer Porosität beruhende Eigenschaft der Holzkohle, Gasarten und Dämpfe in sich zu verdichten, oft, wie beim Ammoniak das 90fache Volum, oft, wie bei den permanenten Gasen, Stickstoff, Sauerstoff u. d. 10fache etwa. Frische Kohlen verlieren an der Luft in einem gewissen Grade ihre Entzündlichkeit, gewinnen aber, nach einer unbestrittenen Erfahrung an Wirksamkeit, weshalb man in der Praxis immer gelagerte Kohlen vorzieht. Worin diese Thatsache begründet liegt, ist unbekannt; sie wird wenigstens durch Luft- und Wasserabsorption allein nicht erklärt. Gewöhnliche Kohlen nehmen 5, 7 und 8, nach längerer Zeit 10 bis 20 % ihres Gewichtes in der Luft zu.

Es ist schon oben mit anderen Worten auseinandergesetzt worden, daß die Verkohlung zum Zwecke hat, die Masse der brennbaren Theile im Volum, per C. F. z. B. zu vermehren. So hat ein C. F. Buchenholz = 20 Pfd., nach Abzug seines Sauerstoff- und Wassergehaltes nahe 9 Pfd. brennbare Theile; ein C. F. Buchenkohle dagegen enthält nur solche und wiegt 12 Pfd. Man hat also dieselben per C. F. um $\frac{1}{3}$ vermehrt, doch ist damit keineswegs gesagt, daß man die Verkohlung schlechterdings beenden, d. h. bis zur Meilerkohle treiben müsse, um dasselbe Resultat zu erhalten. Schon früher hat Berthier diese Wahrheit angedeutet, welche neuerdings Sauvages durch eine Reihe interessanter Versuche bewies. Es hat derselbe 5 gleiche Mengen lufttrocknes Holz nach einander in einem Ofen verkohlt und den Proceß jedesmal zu einer andern Zeit unterbrochen, um die, ungleichen Graden der Verkohlung angehörigen Producte auf Gewichts- und Maß-Verlust, und die Menge der brennbaren Theile zu untersuchen. — Er fand, daß

Von der
Kohle.

100 H Holz nach . .	3 St.	4 St.	5 St.	5 $\frac{1}{2}$ St.	6 $\frac{1}{2}$ St.	als Meilerk.
wogen	65,4 H	53 H	47 H	41,5 H	39,1 H	17,2 H
und 100 C. F. maßen	86 C. F.	76 C. F.	58 C. F.	55 C. F.	52 C. F.	33 C. F.

endlich enthielt an brennbaren Theilen:

1 C. F. Holz	908 Gew.-Theile.
1 " " 3 Stunden gekohlt	883 " "
1 " " 4 " "	904 " "
1 " " 5 " "	1133 " "
1 " " 5 $\frac{1}{2}$ " "	1091 " "
1 " " 6 $\frac{1}{2}$ " "	1136 " "
1 " Meilerkohle	1069 " "

Man sieht daraus, daß die Menge der brennbaren Theile für gleiche Volume schon bei 5 $\frac{1}{2}$ Stunden verkohltem Holze nicht mehr zunehmen, daß weiteres Glühen einen absoluten Verlust ohne Ersatz verursacht, und daß es mithin vortheilhafter sein müsse, die Verkohlung schon vor der Bildung der Meilerkohle abzubrechen, was man denn auch in der Praxis bereits angefangen hat zu thun. Man nennt Holz der Art, welches nicht vollkommen, sondern nur bis zum Maximum seiner brennbaren Theile im Volumen verkohlt wurde, Nothkohle (charbon roux). In Frankreich und Belgien, wo die neue Kohle schon Eingang

Von der
Rothkohle.

gefunden hat, bedient man sich einer Art Meilerverkohlung zu ihrer Darstellung, welche nicht ganz auf demselben Princip, wie die gewöhnlichen, beruht. Die Meiler sind haufenartig, langgestreckt, über einem mit Eisenplatten bedeckten, horizontal im Boden angelegten Kanal aufgerichtet. Die heißen Gasarten einer an einem Ende desselben gelegenen besondern Feuerung werden durch die Bewegung eines Ventilators genöthigt, sich in den Kanal und von da (durch einen Schlig oder Längsspalte in der ganzen Länge der Eisenplatten) in die Masse des darüber geschichteten Holzes zu verbreiten, welches dadurch erhitzt, trocken destillirt. Außerlich ist der Haufen mit einer Erdbedecke versehen, mittelst welcher man den entweichenden Gasarten den Austritt da erlaubt, wo man die Hitze hinleiten will, und da versperret, wo man das Gegentheil wünscht. Man regulirt also den Gang, wie bei dem gemeinen Meiler mit der beweglichen Decke. Erfahrung und Uebung müssen den Arbeiter lehren, dieses auf Meiler angewendete Princip der Schwarzh'schen Pfenverkohlung in einer Weise zu handhaben, welche möglichste Gleichförmigkeit des Products bedingt. Die Einführung der Rothkohle ist für einen Staat darum von großer Wichtigkeit, weil dadurch ein Wenigerverbrauch des Holzes entsteht, dessen Seltenheit ohnehin immer zunimmt. Die hervorragendste Schwierigkeit, welcher die Praktiker bis jetzt dabei begegnet sind, ist die vollkommene Gleichförmigkeit des Produkts seiner chemischen Beschaffenheit nach, von welcher die Wirksamkeit abhängt. Ist diese nämlich wechselnd, so wird z. B. der Hüttenmann über die richtige Quantität Brennstoff, welche er anwenden muß, gänzlich in Ungewißheit bleiben.

Von der Torf-
verkohlung.

Die Verkohlung des Torfes wird durch zwei Umstände sehr wesentlich erleichtert. Die rechtwinklige Form der Torfziegel erlaubt nämlich, beim Aufsetzen jene Zwischenräume zu vermeiden, welche in Holzmeilern so nachtheilig wirken, und die geringere Entzündlichkeit der Torfkohle erfordert eine weniger genaue Beaufsichtigung des Ganges der Operation und macht es möglich, Meiler von viel geringerem Umfange mit Vortheil zu verkohlen. Solche von 700 bis 1000 Stück, von 6 bis 7 Fuß Durchmesser und 4 Fuß Höhe, also einem Inhalt von 50,000 bis 70,000 C. F. sind die gewöhnlichen. Um den auf der trocknen Stätte eingerammten Quandel setzt man die Torfziegel aufrecht in concentrischen Reihen zu kreisförmigen Schichten, von denen 4, 5 oder 6 mit innerm kleinern Durchmesser übereinander kommen, mit der Vorsicht jedoch, daß man nach allen 4 Seiten hin Luftkanäle oder Rüge in der Richtung des Radius von der Weite eines Ziegels ausspart, mittelst welcher man später die Hitze leitet. Die Torfmeiler setzen sich nämlich zu dicht, um dieses durch ihre bloßen Zwischenräume allein möglich zu machen. Am Fuße des Quandels bringt man etwas trocknes Holz oder Rien an, zum Anzünden. Der gerichtete Meiler empfängt nun eine innere Decke von Moos und Laub und eine äußere von Erde oder Löße, welche nur den mittlern Theil der Haube um den Quandel frei lassen, um durch einen der Kanäle anzündet zu werden. Durch Schließen oder Öffnen dieser Kanäle verbreitet man die Entzündung nach allen Richtungen, bis die Flamme aus der Haubenöffnung hervorbricht, worauf man diese bedeckt. Das Gaarbrennen geschieht nun durch Räume rund um, zuerst an der Haube, dann von Fuß zu Fuß abwärts bis an die Basis, wo die Gaare eintritt. Das Ansehen des aus den Räumen steigenden

In Meilern.

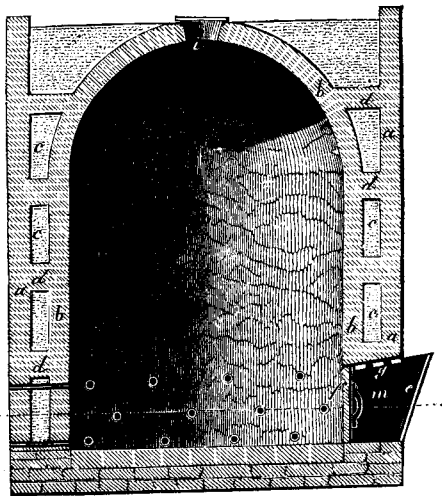
Rauchs giebt auch hier das Merkmal ab, woraus man auf den Gang schließt. Die Natur (das Alter) des Torfes, also seine Dichte zc. müssen den Köhler leiten. Meiler des angegebenen Umfangs ergaben aus nicht ganz lufttrocknem Torf 24 % dem Gewicht und 27 dem Volumen noch, aus lufttrocknem 27 Gewicht und 32 ½ Volumen %; aus frisch gestochenem Pfungstädter Torf 30 Gew. und 29 Vol. %; aus vorzüglichem, ganz trockenem 35 ½ Gew. und 49 Vol. %. Im Siegenschen erhielt man aus sehr gutem Torf 23 % dem Gew. und 40 % dem Vol. nach. Im Kleinen bei Versuchen ist die Ausbeute größer, zuweilen bis 40 % des Gewichts. Viele Schwierigkeiten verursacht das Ziehen und Löschen der Torfkohlen, welches alsdann vorgenommen wird, wenn der Meiler eine Zeit lang sich abgekühlt hat, weil die Kohlen sich leicht zerbröckeln und dadurch untauglich werden.

Von der Torf-
verkohlung.

Die Anwendung der Ofen gewährt keine höhere Ausbeute, aber eine mehr sichere Leitung des Feuers und ist bei Torf darum geeigneter, weil derselbe immer an derselben Stelle (seinem Lager) gewonnen wird und man nicht nöthig hat, wie im Walde, dem Holzschlag nachzugehen, oder Transporte zu tragen. In der Gewehrfabrik zu Oberndorf in Würtemberg hat man Verkohlungsöfen, welche eine mehr als 10jährige Erfahrung für gut befunden hat, ein solcher ist in Fig. 5. abgebildet. Er hat die Gestalt

In Ofen.

Fig. 5.



eines stehenden Cylinders, oben mit einem Kugelgewölbe geschlossen, und bei 9 Fuß Höhe und 5 ½ Fuß Durchmesser im Lichten, 189 C.F. Inhalt. Der eigentliche Ofen *b* ist von einer zweiten Mauer, dem Mantel *aa* umgeben, so daß ein Zwischenraum *cc* bleibt, welcher bis zur Höhe der Kuppel *i* mit Sand als einem schlechten Wärmeleiter ausgefüllt wird. Beide Mauern sind von Backstein, jede einzelne, so wie der Raum *c* 15 Zoll dick, so daß die ganze Umfassung des Ofens 45 Zoll Stärke hat. *dd* sind (alle 3 Fuß seit- und aufwärts) durchgehende Steine, um den beiden Mauern mehr Halt zu geben. Ueber der Sohle des Ofens liegen 3 Reihen Zugöffnungen, eingemauerte Stücke von alten Flintenläufen, welche mit Flaschenstöpfeln verstopft werden können. Die Thüre zum Kohlenziehen ist durch die gußeiserne Platte *f* verschließbar; das eiserne Thürgewand tritt nach außen vor und kann nach vorn durch ein vorzuschiebendes tannenes Brett *e* verschlossen werden, um alsdann den Raum *m* von oben durch *g* mit Sand zu füllen. Beim Einsetzen läßt man in der Aue des Ofens einen Kanal zum An-

Von der
Torfverkoh-
lung.

zünden frei. Im Anfange sind die Einsaßöffnung *i* und die unteren Zuglöcher offen; sobald der Torf durch diese weißglühend erscheint, werden sie geschlossen und die oberen geöffnet. Wenn aller Rauch aufgehört hat, müssen alle Oeffnungen geschlossen, *m* mit Sand gefüllt und *i* fußhoch damit überdeckt sein, was etwa nach 40 — 48 Stunden geschieht, worauf der Ofen 6 — 7 Tage erkaltet. Damit keine Unterbrechung stattfindet, betreibt man 10 solcher Defen neben einander. Die Torfkohlen gehören ihrem Heizvermögen nach unter die besten Brennstoffe, sind aber zu gleicher Zeit mit Eigenschaften begabt, welche ihre Anwendung in den meisten Fällen verbieten. Wenn 100 Pfd. Torf mit 21 Pfd. Aschengehalt durch Verkohlung 47 Pfd. Ausbeute geben, so werden diese 47 Pfd. Torfkohlen 21 Pfd. Asche, d. i. 45 % enthalten, welche theils durch ihre Menge, theils dadurch, daß sie in Fluß geräth und chemisch auf die zu erhitzenden Gegenstände einwirkt, die Arbeit, z. B. das Schmieden, hindert. Da die meisten Torfe reich an Asche sind, so muß diese Anhäufung in deren Kohlen doppelt beträchtlich sein und einen großen Theil der Torfe von der Verkohlung ausschließen. Ein anderer Nachtheil der Torfkohle ist ihre äußerst mürbe Beschaffenheit, in Folge deren sie sehr bald in unbrauchbaren Bruch zerfallen. In hohen Schmelzöfen z. B. findet dies Statt durch den Druck der aufliegenden Erzsichten; daher ihre Anwendung nur in offenem Kessel- und Schmiedefeuer angeht. Die Erfahrung hat gelehrt, daß man wegen dieser geringen Festigkeit Transport der Kohlen ganz und gar vermeiden müsse und daß es stets gerathener ist, die Verkohlung da vorzunehmen, wo man die Kohlen braucht.

Verkohlung.
der
Braunkohlen.

Am wenigsten unter allen Brennstoffen sind die Braunkohlen zum Verkohlen geeignet, obgleich dieselben an und für sich mit derselben Leichtigkeit zersetzt werden als Holz, und ihre Kohlen nicht so leicht entzündlich sind. In Bezug auf den Aschengehalt gilt ganz das vom Torfe Gesagte, aber selbst die reinen Braunkohlen sind nicht leicht verkohlbar, weil während der Hitze die einzelnen in dem frischen Fossil nur angedeuteten Schichten, Jahrringe, Klüften u. sich trennen und ein compactes Stück Braunkohle dadurch vollständig in kleine Trümmer zerfällt, oder so stark zerklüftet ist, daß es beim Transport zersplittert. — Bei Versuchen mit Lignit vom Hessenbrücker Hammer (in der Wetterau) erhielt man $15\frac{1}{2}$ % dem Gew. und 32 % dem Vol. nach durch Meilerverkohlung. Diese Quantität ist zu gering, um einen erträglichen Preis zu bedingen*). In der Nähe von Kassel, wo die Umstände günstiger sind, wird die Verkohlung in Meilern wirklich betrieben, doch nur in geringem Umfange.

Im Kleinen angestellte Versuche mit Braunkohlen, wobei man dieselben in verschlossenen Tiegeln glühte, bis keine Dämpfe mehr entwichen, gaben folgende Ausbeute:

*) Ein Centner frische Kohlen kostet 17 Kr., 1 Ctr. verkohlter 2 fl. 20 Kr.

100 Theile.		% Kohle.	100 Theile.		% Kohle.
Linkes Rheinufer bei Düren.	Erdbige K. v. Dar . . .	49,1	Rechten.	Lignit von Neundorf .	38,4
	„ von Bouch. d. R. .	41,1		„ „ Coulang . .	38,1
	„ Basses-Alpes . .	48,5		„ „ Zahnsdorf .	32,8
	Lignit von Griechenland	38,9		„ „ Paretel 1.	39,6
	„ „ Köln	36,1		„ „ „ 2.	40,7
	„ „ Island . . .	57,5		„ „ „ 3.	42,0
	„ v. d. Raddergrube	41,6		„ Antoni-Becke . .	40,0
	„ „ „ . . .	49,7		„ Bellonitzer Br.	35,9
	„ „ Gr. Urwelt .	44,3		„ Nemschauer Br.	34,7
	„ „ „ . . .	43,9		„ Gartenberg 1.	37,2
Rechts Rheinufer bei Bonn.	„ „ „ . . .	51,3	Böhmen.	„ „ 2.	34,6
	„ von Friesdorf . .	28,2		„ Rauden	37,5
	„ „ „ . . .	48,2		Beckf.; Grünlat . . .	37,2
	„ „ „ . . .	46,8		Erdf.; Gartenberg 1.	42,1
	Erdbige; Uttweiler . .	68,2		„ „ 2.	48,4
	„ Raddergrube . .	48,3		„ „ 3.	36,8
	„ „ „ . . .	46,4		„ „ 4.	39,0
	Lignit von Püschchen . .	46,4		Beckf.; „ 1.	43,9
	„ „ „ . . .	44,7		„ „ 2.	40,3
	„ „ „ . . .	51,0		Erdf.; Soaz	46,4
Böhmen.	„ „ Stöschchen . .	29,1	Bair.	Beckf.; Reichenau . . .	38,1
	„ „ „ . . .	40,6		„ „ . . .	29,3
	„ „ Dröberg . . .	62,8		„ Alfattel . . .	40,3
	„ „ „ . . .	68,4		„ „ . . .	35,0
	„ „ Außig . . .	40,1	Oberpfalz.	Erdbige; Verrau .	35,6
Böhmen.	„ „ „ . . .	40,0		Lignit von da .	46,0
	„ „ Hegendorf .	41,2			

Die Kohle, welche bei der Zersetzung der Steinkohle durch Hitze zurückbleibt wird im gewöhnlichen Leben (nach dem Englischen) Coak oder Kohk genannt. Inwiefern die Steinkohlen sich dabei auf verschiedene Art verhalten und Kohks von sehr abweichender Natur geben, ist schon Seite 27 angeführt worden. Die backenden Kohlen erweichen bei der Zersetzung und hinterlassen eine Kohle mit mehr oder weniger deutlichen Spuren der Schmelzung. Weil nun in diesen Brennstoffen der Sauerstoffgehalt sehr zurücktritt und es hauptsächlich der Wasserstoff ist, welcher in der Hitze den Kohlenstoff mit fortführt, so hat man geglaubt, dem Ueberwiegen dieses über jenen die Fähigkeit des Backens zuschreiben zu müssen. Allerdings vermögen 12,5 Wasserstoff ebensoviel Kohle zu binden, als 100 Sauerstoff, aber das Verhalten der Kohlen in der Hitze hängt nicht lediglich von dem Vorkommen des Wasserstoffs über den erstern ab, wie die folgenden Beispiele aus Regnault's Analysen zeigen, bei welchen derselbe die Natur der Kohks sehr genau beschrieben hat. Die Formeln geben das aus denselben berechnete Verhältniß der Aequivalente:

		Verhältniß des H : O
Anthrazit v. Balduc, Sandkohle	= 80 C + 44 H + O	44 : 1
Steinkohle v. Blauby, Sinterkohle	= 80 C + 64 H + 6 O	10,7 : 1
Kannelf. v. Lancashire, Sinterkohle	= 89 C + 64 H + 3 O	21 : 1
Steinkohle von Mons (Henü), Backkohle	= 80 C + 120 H + 5 O	24 : 1
Steinkohle v. Grand croix (maréchal) höchst backend	= 80 C + 56 H + 3 O	18,7 : 1

Verkohlung
der
Steinkohle.
Allgemeine
Grundsätze.

Verkohlung
der Steinkohle.
Allgemeine
Grundsätze.

Wie man sieht, nimmt im Allgemeinen die Eigenschaft zu backen mit der Menge der beiden letzten Elemente zu, besonders dem Wasserstoff. Die Anthrazite, beinahe nur aus Kohlenstoff bestehend, können als eine Art natürlicher, durch den Kohlenbildungsproceß entstandener Kohls betrachtet werden. Obgleich der Wasserstoff bei den übrigen in dem Maße zunimmt, als sie in dem Feuer erweichen, so findet bei der letzten, welche diese Eigenschaft im höchsten Grade hat, das Gegentheil Statt, ihr Wasserstoff fällt gegen die Backkohle von Mons auf die Hälfte. Merkwürdigerweise ist bei der ebenfalls höchst backenden Kohle von Obernkirchen, noch dazu einer jüngern, dasselbe der Fall. Sie liefert ebenfalls einen schaumig geblähten Kohl und hat die Zusammensetzung $= 80 \text{ C} + 52 \text{ H} + 3 \text{ O}$ oder $\text{O} : \text{H} = 1 : 17$. Die in Frage stehende Eigenschaft der Kohlen kann demnach nur in der Anordnung der kleinsten Theile ihrer Elementarbestandtheile, d. i. in ihrer Constitution zu suchen sein, worüber die Wissenschaft noch nähere Aufklärung zu geben hat. —

Abschwefeln.

Der Zweck der Verkohlung ist im Ganzen derselbe wie der der Holzverkohlung, hat aber noch die besondere Bedeutung, daß man sich dabei für viele Fälle der Anwendung des schädlichen Schwefelgehaltes der Steinkohlen zu gleicher Zeit entledigt. Man hat in diesem Sinne die Verkohlung auch das Abschwefeln genannt. Die gewerbliche Praxis stellt an die zu gewinnenden Kohls zwei Hauptanforderungen, nämlich eine compacte Beschaffenheit (sie müssen ganze Stücke, keinen Bruch oder Lösche bilden), und eine gewisse Festigkeit, d. h. sie dürfen unter einem gewissen Druck (in den Hochöfen) nicht zerknirscht werden. Von beiden hängt die Wahl des Verkohlungsmaterials ab. Sandkohlen werden aus dem ersten, zu stark backende Kohlen aus dem letzten Grunde verworfen werden müssen; die letzteren zerfallen nämlich, weil ihre Blasen zu groß und die Wände derselben zu leicht eingedrückt werden. Die Erfahrung hat übrigens gelehrt, daß die Weichheit der Kohls auch von der Art der Gewinnung abhängt und durch diese verbessert werden kann. Wenn man nämlich die Verkohlung unter dem Druck einer starken Löschedecke z. B. vornimmt, so werden die Blasen, welche in der erweichten Kohle sich bilden, nach der Entweichung des Gases, welches ihre Entstehung veranlaßt, sogleich wieder zusammengeedrückt und dichtere Kohls gebildet werden. Am besten wählt man Backkohlen, welche sich den Sinterkohlen nähern, um taugliche Kohls zu erhalten. —

Da die Kohls schwerer entzündlich sind und nur bei starkem Zuge gut brennen, in schwach ziehenden Defen aber oder gar an der Luft bald verlöschen, da die Kohlen außerdem immer an derselben Stelle gefördert werden, so hat man weniger Vorsichtsmaßregeln nöthig, überhaupt leichtere Arbeit und kann mehr feststehende Einrichtungen anwenden.

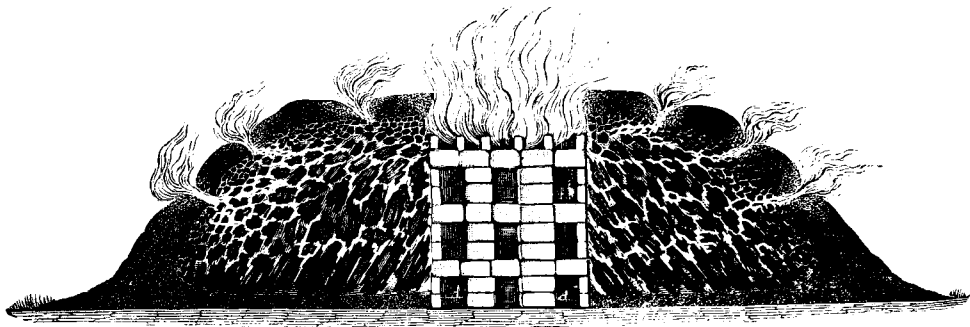
In Haufen.

Die älteste und noch immer sehr gebräuchliche Methode ist die der Meiler, oder Haufen, bei welchen die Operation aber ganz anders gehandhabt wird, als bei den Holzmeilern. Eine eigentliche Decke wendet man nicht an, sondern verkohlt anfangs mit freiem Luftzutritt und giebt erst dann einen Ueberzug von Lösche, wenn die bereits vollendete Bildung der Kohls, Abschluß der Luft und das Einschreiten des Köhlers erfordern. Die Meilerstätte bleibt immer dieselbe und überzieht sich von selbst hinreichend mit Kohlenabgängen. Um größere Mengen Kohle

bearbeiten zu können, hat man den früher gebräuchlichen runden Meilern die Gestalt von langgestreckten Haufen gegeben, deren Länge nicht wesentlich ist und nach den Umständen und dem Kohlbedarf zuweilen 200 Fuß erreicht. Eine Schnur, welche man auf der Kohlstätte ausspannt, dient dazu, um den Sehern die Art des Meilers zu bezeichnen, in deren Richtung dieselben damit anfangen, die größeren Kohlenstücke zu beiden Seiten aufzusetzen und oben gegen einander zu neigen, so daß dadurch ein Längskanal (Zündgasse) entsteht, in welchem die Schnur hinläuft. Es ist wesentlich, die natürliche Schichtung der Kohlen zu berücksichtigen; sie müssen nämlich (mit dem Streichen des Flözes verglichen) aufrecht und mit den Ablösungsflächen senkrecht gegen die Meileraxe stehen. Parallel mit der ersten Reihe Kohlen, lehnt man eine zweite, daran eine dritte an u. s. f. aber mit stets abnehmender Größe der Stücke, bis die Lage zu beiden Seiten 6 Fuß mißt. Auf diese untere Lage wird der Haufen auf's Gerathewohl, aber die größeren zuerst, die kleineren zu oberst, mit Kohlen aufgefüllt, etwa 2 Fuß hoch und abgerundet. Um das Anzünden bequem bewerkstelligen zu können, rammt man der Länge des Meilers nach in dessen Mitte von 2 zu 2 Fuß Pfähle ein, welche aus dem fertigen Haufen hervorragen. Nachdem man sie herausgezogen hat, bleiben senkrechte Kanäle, welche mit brennenden Kohlen erfüllt werden. Das Feuer verbreitet sich auf diese Art von hundert und mehr Punkten aus durch die Zündgasse. Sobald der Köhler an irgend einer Stelle des Haufens das Nachlassen des Qualms und der Flammen oder gar ein Ueberziehen derselben mit Asche bemerkt, sucht er das Feuer sogleich durch Zudecken mit Löschhe zu ersticken und fährt damit fort, bis gewöhnlich nach 2 bis 3 Tagen der ganze Haufen zuletzt unter Decke steht, um zu verkühlen. Nach der Windseite ist diese stärker, je nach seiner Heftigkeit. Ist das Feuer so weit erloschen, was nach ebenso viel Tagen der Fall ist, so zieht man die Kohls. Dieses Verfahren ist einfach, aber nicht sonderlich ökonomisch; die Verbreitung des Feuers geht nämlich mehr von außen (eigentlich von oben) nach innen und abwärts, so daß die Kohlen oberhalb schon Kohls sein werden zu einer Zeit, wo das Innere des Haufens, noch im Treiben begriffen, den Abschluß der Luft mit Löschhe verbietet, welchen die Außenseite schon verlangt. Während also das Innere noch verkohlt, wird schon ein Theil der fertigen Kohls außen an der Luft verzehrt, ohne daß man es hindern kann. Eine etwas abweichende Methode der Meilerverkohlung, welche z. B. bei den Clyde-Eisenwerken in Schottland üblich ist, vermeidet diesen Uebelstand vollkommen.

Die Fig. 6 stellt einen solchen Meiler vor; sie sind rund und werden den Holzkohlenmeilern ähnlich behandelt. Man mauert ein für allemal auf der Kohlstätte einen kegelförmigen etwa 3 bis 4 Fuß hohen Kamin, unten 3 Fuß weit, aus Backsteinen, indem man von Zeit zu Zeit einen Ziegel wegläßt, so daß dadurch am ganzen Umfange und der ganzen Höhe eine Anzahl Oeffnungen *AA*, ausgespart bleiben, durch welche das Innere des Kanals mit der rings aufgehäuften Kohlenmasse in Verbindung bleibt. Die schweren Kohlenstücke kommen zunächst um die Esse, die kleineren nach außen, wodurch der Meiler sich abrundet; nun hat man Sorge, daß von den Oeffnungen *AA* aus entsprechende Züge oder Gassen nach dem Umfang hin beim Aufsetzen der Kohlen frei bleiben.

Fig. 6.



In Weilern. Die Böschung des Weilers darf nicht zu stark sein, damit die Decke von Lösch- und Asche (cinders genannt), welche man sogleich auflegt, gehörig Halt bekommt. Der Weiler in der Figur hat auf 20 Fuß Durchmesser etwa $4\frac{1}{2}$ Fuß Höhe, so daß er mit der Decke die Esse um einige Zoll überragt. Das Anzünden geschieht durch die Esse mittelst hineingeworfener brennender Kohlen, welche das Feuer allmählig durch *A A* dem Weiler mittheilen, also von unten und der Mitte aus, was wesentlich ist. Um den Fuß des Weilers herum werden Räume eingestossen, durch welche die Luft einstreicht, um durch die Esse zu entweichen. Allmählig nach 4 bis 5 Tagen hat die Glühhitze die Oberfläche erreicht und wird durch die Decke hindurch bemerkbar, alsdann vorschließt man die Essensmündung mit einer eisernen Platte und deckt die Räume zu, um nach 3 Tagen die Kohls zu ziehen. — An anderen Orten, wo man dieselben Weiler hat, leitet man dieselben anders und zwar ähnlich, wie die zu Anfang beschriebenen Haufen. Der Weiler hat dann anfangs keine Decke und die Esse wird unmittelbar nach dem Anzünden mit der Eisenplatte geschlossen. Die Flamme bringt dann durch den Weiler selbst, genährt durch die Luft, welche überall freien Zutritt hat. So wie die Flamme irgendwo aufhört, deckt man mit Lösch- und so fort über den ganzen Weiler. Die Hitze, welche derselbe nun erreicht hat, ist hinreichend, um die letzten Antheile Theer und Dämpfe abzutreiben, welche durch die nunmehr geöffnete Esse als röthliche Flamme entweichen. Hat diese aufgehört, so bedeckt man aufs neue und läßt den Weiler verköhlen. Der Haufenverköhlung gegenüber hat man stets den Vortheil, daß die Verköhlung von innen nach außen fortschreitet, also nicht wie bei diesen. —

In Döfen. Die Anwendung der Döfen wird in mehreren Gegenden als mit einer höheren Ausbeute verknüpft betrachtet. Alle Döfen, bei deren Gang man nur auf Kohls (und nicht Theer und Gas; worüber Gasbeleuchtung zu vergleichen) reflectirt, arbeiten mit Luftzutritt, niemals mit besonderer Erhitzung von außen. Eine der gebräuchlichsten Einrichtungen giebt die Fig. 7. im Aufriß und Fig. 8. im Grundriß; beide stellen einen Kohlofen von den Northumberland- und Le- mington-Eisenwerken am Tyne vor. Die Zeichnung stellt eigentlich vier Döfen dar, welche man, um Mauerwerk zu sparen und die Wärme mehr zusammenzuhalten, aneinander gekuppelt hat. Der einzelne Ofen ist ein viereckiger oben ge-

Fig. 7.

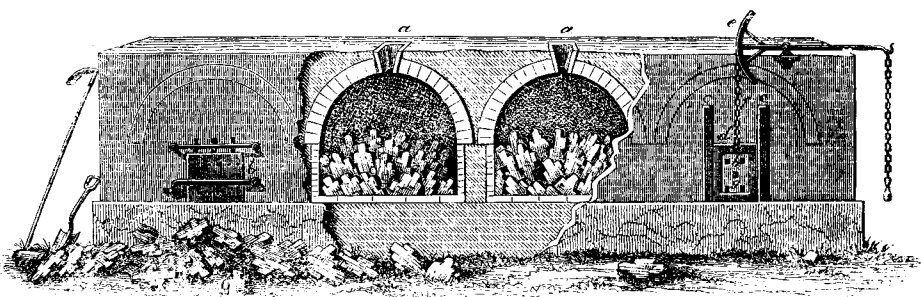
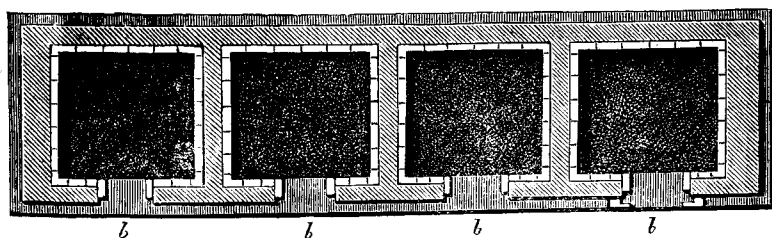


Fig. 8.

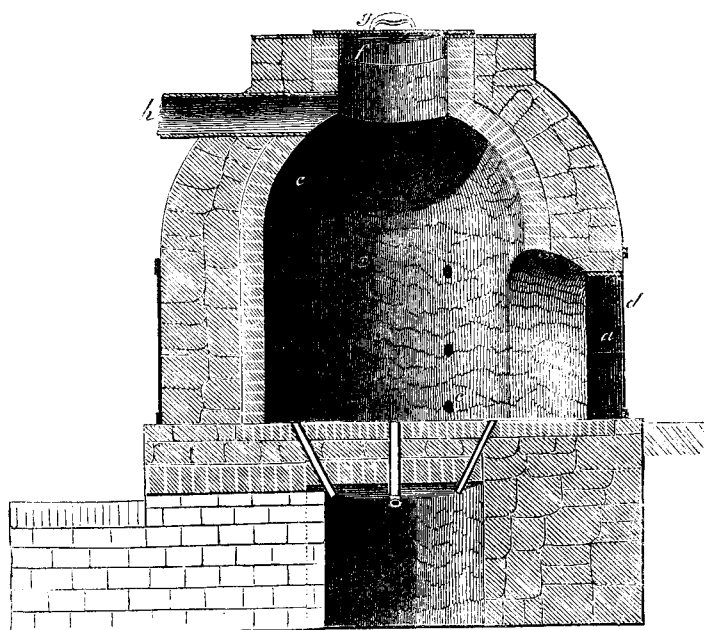


wölbter Raum aus Backsteinen, 10 Fuß tief, 12 Fuß breit, so daß die Kohle In Ofen.
 120 Q. F. im Geviert mißt, und 10 Fuß hoch. Die Gesamtstärke der Mauer
 ist zwei Fuß, die innere Bekleidung von feuerfesten Steinen eingerechnet. Ein
 Rost oder dergleichen ist nicht vorhanden, dagegen befindet sich im Mittelpunkte
 des Gewölbes *a* eine 2 $\frac{1}{2}$ Fuß weite Deffnung und eine zweite *b b* am Boden
 in der Vorderwand zum Eintragen der Kohlen, welche mit einer Thüre versehen
 ist und 3 Fuß in's Geviert hat. Die Deffnung *a* ist mit einem eisernen Ringe,
 die Deffnung *b* aber mit einem eisernen Gewand versehen, welches nach außen
 einen Falz *c* bildet, worin sich die Thüre bewegt. Diese ist ein mit Backsteinen
 ausgemauertem eisernen Rahmen, welcher als Schieber in *c* geht und bei *d* auf-
 gehängt durch den Hebel *e* und seine Kette *f* bewegt wird. In der Mauerfü-
 lung der Thüre sind eine Anzahl Zugöffnungen *g g* angebracht; häufig scheinen
 diese zu fehlen, alsdann sind nämlich die Thürrahmen nicht ausgemauert, son-
 dern mit Ziegeln lose zugesetzt, so daß die Fugen hinreichend Luft einlassen. Der
 erste Ofen der Figur zeigt eine andere, weniger bequeme Art, die Thüre zu hand-
 haben. Die Arbeit in solchem Ofen geht Tag und Nacht mit keiner andern Un-
 terbrechung, als derjenigen, welche etwaige Reparatur erforderlich macht, und be-
 ginnt mit der Beschickung des Ofens. Durch die offene Thüre *b b* werden 2
 Tonnen = 40 Centner Kohle per Ofen eingetragen, welche gerade bis zur Ba-
 sis des Gewölbes reichen (also einen Raum zum Aufblähen frei lassen) und oben
 mit der Krücke ausgebreitet. Sobald die Einsaßthüre niedergelassen wird, fangen

Zu Defen.

die Kohlen Feuer und ein dichter Qualm bringt aus der offenen Gewölbeöffnung, welche erst gegen das Ende geschlossen wird. Man muß sich nämlich erinnern, daß der Ofen — stets im Gange — einen Augenblick zuvor erst die fertigen Kohls der vorhergehenden Operation entzogen bekam, also die neue Beschickung noch vollkommen rothglühend empfing. Die Hitze der Wände ist es also, welche die Kohlenmasse von allen Seiten entzündet, eine Hitze, welche aber nicht hinreichen würde, die ganze Masse der Kohlen abzutreiben. Die Operation wird aber dadurch weiter getrieben, daß sogleich die Luft von außen her durch die Oeffnung *g g* einströmt, die Kohlendämpfe entzündet und dadurch die Temperatur im Innern auf der erforderlichen Höhe erhält. Nach 3 Stunden ist die Lebhaftigkeit des Feuers so weit gestiegen, daß man genöthigt ist, die untere Oeffnung *g g* zuzustreichen, um den Zutritt der Luft zu mäßigen, welche fortwährend bei *g g* ein- und bei *a* ausstreicht. Nach 24 Stunden, vom Anfange gerechnet, also am zweiten Morgen nach dem üblichen Gange, verstreicht man auch die oberen Zuglöcher; der Ofen bleibt alsdann noch 12 Stunden mit offener Gicht *a* stehen, während welcher Zeit der Rest der Gase und Dämpfe aus den Kohlen durch die vorhandene Hitze ausgetrieben wird und als Flamme oben ausschlägt. Wenn diese aufhört, schließt man *a* mit einer Eisenplatte oder mit Steinen, welche außen mit Sand bedeckt werden, um das Feuer während der 12 folgenden Stunden einigermaßen zu dämpfen. Im Ganzen gehen vom Einsetzen bis zum Ziehen der Kohls 48 Stunden hin; es ist von selbst einleuchtend, daß der Ofen alsdann noch in der Glüh Hitze ist, aber die Schwerverbrennlichkeit der Kohls erlaubt es, schon jetzt die Thüre aufzuziehen, um dieselben mit der Krücke in eiserne Karren zu schaffen, worin sie sogleich mit Wasser gelöscht und weiter gebracht werden. Mit dem letzten Zug Kohls beginnt man sogleich und so rasch als möglich wieder einzusetzen, worauf der beschriebene Vorgang sich wiederholt. Man sucht sich gern so einzurichten, daß an dem einen Ofen gezogen wird, während der andere im Treiben ist u. s. f., um die Arbeit gleichmäßiger zu vertheilen. — In den meisten Steinkohlenländern erhält man große Massen von Theer bei der Destillation des Kohlengases zur Beleuchtung und achtet deshalb nicht auf diese Nebenproducte der Verkohlung. In Schlessien dagegen weisen die gewerblichen Verhältnisse des Landes auf den Vortheil der gleichzeitigen Gewinnung des Theers so deutlich hin, daß man diesen Punkt nicht vernachlässigen kann. In Gleiwitz z. B. bedient man sich seit einem Jahre der in Fig. 9. wiedergegebenen Einrichtung. Die Defen sind daselbst cylinderförmig, mit einer Haube überwölbt, etwa 8 Fuß hoch und aus Ziegeln aufgeführt. Das Einsetzen geschieht durch die Oeffnung *a*, welche nachher mit Ziegeln trocken zugeseht und von außen mit der eisernen Thüre *d* verschlossen wird, deren Fugen man mit Lehm verstreicht. *f* ist die Gicht des Ofens mit dem zugehörigen passenden gußeisernen Deckel *g*. — Der Luftzutritt — denn man arbeitet hier ebensowenig, wie in den anderen beschriebenen Fällen mit besonderer äußerer Feuerung — findet durch die Oeffnungen *c c c* Statt, welche rangweise übereinander liegend, bis zur Haube reichen. Die untersten sind in der Ofensohle selbst, welche dadurch zu einer Art Rost wird und hohl angelegt ist. Mit gleichem, wo nicht größerem Vortheile kann die Sohle massiv sein, so daß die Zuglöcher in der Seitenwand in gleichem Niveau mit derselben

Fig 9.



beginnen. Die Theerdämpfe und Gasarten entweichen während der Operation durch das in der Haube angebrachte Rohr *h* seitwärts nach einem Behälter, der, für je zwei Dfen gemeinschaftlich, die ersteren verdichtet und aufnimmt, die letzteren aber entweichen läßt. In der kälteren Jahreszeit führt das Rohr *h* direct zu demselben, im Sommer dagegen zuvor im Zickzack durch eine Wassercisterne zur besseren Abkühlung. In Dfen.

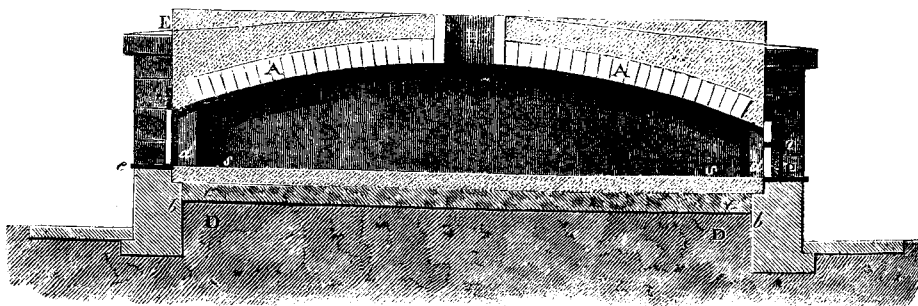
Man setzt zuerst größere Stückkohlen durch *a* ein, wobei übrigens eine Art Zündgasse zur Aufnahme von brennenden Kohlen frei bleibt — dann kleinere Kohlen durch *f*, zusammen 35 bis 40 Centner. Hat man die ersteren angezündet, so werden die beiden großen Oeffnungen, so wie die oberen Reihen der Zuglöcher *c c* geschlossen und nur der untere Rang offen gelassen. Sobald die Gluth durch die Oeffnungen desselben mit rothgelber Farbe sichtbar wird, schließt man diese, um den folgenden Rang zu öffnen u. s. f. Die Schließung des ersten Ranges erfolgt nach 10, des zweiten nachebensoviel, des dritten nach 16 und des letzten und oberen nach 3 Stunden, worauf der Dfen noch 12 Stunden verschlossen stehen bleibt, bis man die Kohls zieht. Mit vier solcher Dfen werden in Gleiwitz 8 bis 9 Brände wöchentlich gemacht. Die Kohlen, welche man daselbst benutzt, sind schwach bakend, ohne sehr arm an Wasserstoff zu sein. Nach einem Durchschnitt von mehreren Monaten liefert der Centner dem Volumen nach 74, dem Gewicht nach 53 % Kohls und 10 1/2 Maß hess. Theer. Dieselbe Kohle giebt in Meisern nur 47 % dem Gewichte nach an Kohls, welche bedeutend lockerer und weniger dicht sind, so daß bei gleichen Raumtheilen die Dfenkohls 1,3 mal mehr wiegen.

Des Grubens
kleins in
Weilern.

Der Kohlenabgang an den Gruben, das sogenannte Grubenklein — auch Schrot, Fettschrot — an sich von sehr geringem Werthe, kann durch Verkohlung sehr vortheilhaft zu Gute gemacht werden, wenn es von Backkohlen abstammt, weil die einzelnen Stückchen beim Erweichen zusammenhaften und einen ebenso zusammenhängenden Kofk liefern, wie die Stückkohlen. Man hat es versucht, aus dem angefeuchteten Schrot, wie z. B. bei St. Etienne, in hölzernen Kästen, welche leicht auseinander genommen werden können und inwendig mit Plöcken versehen sind, kleine Meiler mit entsprechenden Zugkanälen durch Einstampfen zu formen, welche man nach dem Wegnehmen der Formtheile anzündete. Zu großer Abgang und zu viele Handarbeit haben dieses Verfahren an den meisten Orten verdrängt, wo man geschlossene Dfenen anwendet, von welchen der in Fig. 10. abgebildete, von Rive de Gier an der Loire ein sehr passendes Bei-

In Dfenen.

Fig. 10.



spiel ist. Die Construction ist der Hauptsache nach dieselbe, wie bei den gewöhnlichen Brobacköfen, nämlich ein flach überwölbter Raum mit ebener Sohle ohne Kofk, welcher durch die vorhergehende Operation erhitzt, dadurch die Entzündung der folgenden Beschickung gerade so bewerkstelligt, wie es bei dem Dfen von Le-mington beschrieben wurde. Die Dfensohle *s s* ist oval, $11\frac{1}{2}$ Fuß breit auf 23 Fuß Länge, aus einer 6 Zoll starken Thonlage gebildet, welche über eine Lage kleine Steine *t t* ausgebreitet und geschlagen wird, um durch deren Zwischenräume der Feuchtigkeit einen Abzug zu sichern. Das Fundament *b* enthält in seiner Mitte einen freien Raum *DD*, welcher mit Schutt oder Erde ausgestampft, der Dfensohle als nächste Unterlage dient. An den beiden schmalen Seiten des Dfens, einander gegenüber, befinden sich die Arbeitsöffnungen *dd*, 2,8 Fuß breit auf 2 Fuß Höhe, mit einem gußeisernen in die Mauer eingelassenen Gewand versehen, worin sich die Thüre *P* als Schieber auf und nieder bewegt. Letztere bildet eine Art mit Backsteinen ausgemauerten flachen Kasten von Eisen, welcher mit der Thürseite nach innen eingesezt wird, um der Hitze besser zu widerstehen. In der Mitte der Thüre bleibt eine kleine Oeffnung *o*, durch welche der Arbeiter den Gang beobachtet. — Der größte Abstand des Gewölbes *A* von der Sohle ist in der Mitte und beträgt 4 Fuß. Im Mittelpunkt desselben befindet sich ein kleiner Schornstein *H* von 1,6 Fuß Durchmesser bei 1,8 Fuß Höhe. An der innern Seite des Dfens bei *Hund A* ist das Mauerwerk aus feuerfesten Steinen mit Thon, statt Kalkmörtel versehen; außen besteht es aus gewöhnlichen Steinen

und ist oben mit einer Lage festgeschlagenen Mörtels versehen, welcher zuvor mit Sand übersiebt wurde; es sind Schwellen vor den Thüren zum Auflegen der Krücken und Ausziehen der Kohls dienend, aus Stein- oder Eisenplatten.

Sind die Kohls der vorhergehenden Operation gezogen, so beschickt man den noch rothglühenden Ofen ohne Verzug mit frischem Grubenklein, welches feucht gehalten sein muß, so daß es sich leicht zusammenballt. Sehr fette (backende) Kohlen dürfen höchstens 8 Zoll, halb fette Kohlen aber 10 Zoll hoch auf der Sohle ausgebreitet werden, was aber gleichmäßig geschehen muß, worauf man die Thüre schließt, bis auf einen schmalen Spalt, welcher unten für den Luftzug frei bleibt. Der Ofen faßt 60 bis 70 C. F. Kohle. Wenn die Hitze des Ofens anfängt einzuwirken, was sehr bald der Fall ist, so entwickeln sich reichlich Wasserdampf mit Schwefel und brennbarem Gase. Die Erfahrung hat gelehrt, daß man diese erste Periode der Verkohlung so sehr als möglich in die Länge ziehen müsse, wenn eine reichliche Ausbeute fallen soll; darum wendet man nur befeuchtetes Grubenklein an. Bei gutem Gange bringt man damit 2 Stunden zu, während der schwache Luftzug nur eben hinreicht, um den Qualm wegzuführen; alsbald läßt aber die Dampfentwicklung nach und die brennbaren Gase, welche nun verhältnißmäßig häufiger auftreten, entzünden sich plötzlich mit einer Art Explosion; der gelbliche Qualm hört einen Moment auf, um dann in einen schwarzen Rauch überzugehen. In diesem Zeitpunkte glüht die Kohlenmasse bereits schwach kirschroth und es wird nöthig, den Luftzug zu verstärken, um die Dämpfe und das Flüchtige noch vollends zu entwickeln. Es genügt zu dem Ende, die Thüre etwas weiter, auf 3 Zoll etwa, aufzuziehen. Sogleich erscheint die Gluth angefaßt und eine düstere rußende Flamme schlägt aus dem Schlot. Nach drei Viertelfunden wird diese heller und weiß und die Gluth hat sich dann fast über die ganze Kohlenmasse verbreitet, welche anfängt, sich zu zerklüften und Risse zu bekommen, was man nicht stören darf. Im Gegentheil warten die Arbeiter so lange, nämlich noch weitere drei Viertelfunden, bis die Spalten Zeit gewonnen haben, sich bis auf die Sohle zu erstrecken. Wenn dann der Ofen hellroth glüht, so schließt man die Thüre und verstreicht die Fugen mit Thon; die vorhandene Hitze reicht nun aus, die Verkohlung zu beendigen und den letzten Rest dessen auszutreiben, was zu verflüchtigen ist. Eine Zeit lang leckt die Flamme, welche mehr und mehr weiß glüht, noch ziemlich hoch über den Schlot, mindert sich jedoch alsbald, wird immer schwächer und droht zu ersterben, weil die Gasentwicklung im Innern vollkommen aufgehört hat. Würde man länger zögern, so würde mit dem nachlassenden Druck zuletzt die Luft durch den Schlot eindringen, weshalb man die Deckplatte desselben mehr und mehr vorschiebt, um ihn zuletzt vollkommen zu schließen. Um keine Hitze zu verlieren, schreitet man nun so rasch als möglich zum Kohlziehen; die Thüren werden ohne Verzug aufgerissen, die Kohlenmasse mit Brechstangen aufgebrochen, mit Haken hervorgezogen und in die Karren geworfen, worin man sie mit Wasser besprengt, theils um sie schneller zu löschen, theils um noch einen Theil der übriggebliebenen Schwefelverbindungen zu zersetzen, was sich durch den Geruch *) der Wasserdämpfe über den verlöschenden

*) Nach Schwefelwasserstoff

Kohls zu erkennen giebt. Der Ofen empfängt sogleich eine neue Beschickung und so ohne Unterbrechung fort. Jede Operation währt gegen 24 Stunden. —

Ausbeute.

Die beschriebene Methode gewährt eine höhere Ausbeute, als irgend eine andre Verkohlungsart. Nach einem jährlichen Durchschnitt sehr genauer in Rive de Gier angestellten Beobachtungen erhielt man 69 % Kohl; bei geringeren Kohlen und weniger Sorgfalt lassen sich immer nicht weniger als 60 bis 65 % annehmen, während man sowohl aus Steinkohlen als auch aus Grubenklein in dem Meiler nur 45 bis 50 % und in den Haufen aus fetten Kohlen 40 bis 45 % dem Gewichte nach erhält. Wasserstoffarme, wenig backende Kohlen geben natürlich mehr, und zwar gegen $\frac{1}{3}$. Nach allgemeinen Erfahrungen liefern die Defen viel dichtere Kohls als die Meiler, diese dichtere als die Haufen; dessenungeachtet geben die Kohlen in den beiden letzteren kaum ihr gleiches Volum, während sich dieses in den Defen ungefähr im Verhältniß von 10 : 12 vermehrt. Dagegen finden die Hüttenleute die Haufen- und Meilerkohls viel reiner von Schwefel, als die aus den Defen, was zwar eine gewöhnliche, aber keineswegs nothwendige Folge von deren Anwendung ist, welche so viele ökonomische Vortheile gewährt.

Beschaffenheit
der Kohls.

Das Product einer Operation, ursprünglich eine zusammenhängende Masse bildend, reißt beim Erkalten unter mehr oder weniger gleichmäßiger Zerklüftung in einzelne Stücke, Kohls, zuweilen von dem Ansehen basaltartiger Säulen, zuweilen unregelmäßiger Klumpen mit warzigen Auswüchsen. Das Gefüge ist porös, feinblasig; nur bei sehr backenden Kohlen (Schaumburger z. B.) großblasig; im ersten Fall ist die Farbe hell eisengrau mit seidenartigem Glanz, im andern schwarzgrau fettglänzend. Farbenspiel sollen nur sehr schwefelreiche Kohls zeigen und wird nicht gern gesehen. Meist können in der eigentlichen Grundmasse die einzelnen Partien der Faserkohle, hier und da zerstreut, unterschieden werden; beim Transport und Aufspeichern splittern diese vorzugsweise aus und verursachen einen Abgang von einigen Procenten an Lösche. Ähnlich wie bei der Holzkohle ziehen die Kohls aus der Luft Wasser an, bei feuchtem Wetter bis 30 %. Ueberhaupt ist es nicht gut, die Kohls lange aufzuspeichern, weil sie nach einigen Wochen schon anfangen sehr mürbe zu werden.

Werth und
Leistung der
Brennstoffe.

Schon die Erfahrung des täglichen Lebens lehrt, daß die verschiedenen Brennstoffe nicht in gleichem Grade der Entwicklung von Wärme (Hige) fähig sind. Es ist daher von Interesse und Wichtigkeit, die Wege kennen zu lernen, welche die Wissenschaft eingeschlagen hat, um die äußerste Leistung der Brennstoffe zu erfahren, welche irgend erhalten werden können. Die Resultate dieser Forschungen nennt man den theoretischen Effect. Zu dessen Ermittlung ist nun die Kenntniß von zwei Dingen unumgänglich, nämlich einmal der Wärmemenge, welche überhaupt eine bestimmte Quantität Brennstoff auszugeben vermag, zum andern aber die Zeit, welche dazu erforderlich ist; zwei Bedingungen, deren gemeinschaftliche Ermittlung und Zusammenfassung auf den Begriff dessen führt, was man die Heizkraft nennt. Wird diese, die Heizkraft, auf den jeweiligen Preis bezogen, der einem Brennmaterial irgendwo zukommt, so entspringt daraus sein Brennwerth, welcher demnach stets von dem Verbrauchsorte (Markt) abhängt und nur dafür Gültigkeit hat.

Streng genommen ist die Ermittlung des ersten Punktes (der Wärmemenge) eine unmögliche Aufgabe, da es für die Wärme kein Maass, weder Waage noch Zollstab giebt; die Quantität Wärme, welche ein Körper bei seiner Verbrennung entwickelt, ist also an sich völlig unbestimmbar, aber die gewerbliche Praxis bedarf auch der Kenntniß des absoluten Werthes jener Quantitäten nicht, es genügt ihr zu wissen, wie vielmal die Wärmemenge des einen Brennstoffs die des andern übertrifft, oder hinter sich zurückläßt, so unbestimmbar auch beide Größen einzeln genommen sein mögen. Es genügt ihr mit einem Worte die Kenntniß der relativen Wärmemengen, für welche die Wissenschaft mehrfache Wege bietet. Nur in diesem Sinne, als relative nämlich, sind die Resultate aufzufassen, zu denen die Untersuchungen der Art geführt haben. Den älteren, rein physikalischen Versuchen, von den hervorragenden Männern ihrer Wissenschaft unternommen, liegt die gemeinschaftliche Idee zu Grunde, der ganzen (an sich unbekannten) Wärmemenge, welche verbrennende Körper, oder Brennstoffe insbesondere entwickeln, irgend einen dritten Körper darzubieten, um alsdann die Wirkungen zu vergleichen, welche sie in diesem hervorbringt. Die Vorrichtung, worin dies geschieht, ist das bekannte Calorimeter; Lavoisier und Laplace ließen in diesem Instrumente die Wärme sich auf Eis werfen und maßen die Wärme nach der Menge, welche dadurch geschmolzen ward. Später wandte Graf von Rumford, welchem man gerade über die Brennstoffe viele Versuche verdankt, statt des Eises Wasser an und maß die Wärmemengen nach der Temperaturerhöhung, welche dieselbe in einer bestimmten Menge Wasser hervorbringt. Weiderlei Bestimmungen sind aber leicht auf einander zurückzuführen, wenn man sich erinnert, daß dieselbe Wärmemenge, welche 1 Pfd. Eis von 0° zu schmelzen vermag, nach Lavoisier und Laplace gerade zureicht, um die Temperatur von ebensoviel Wasser — 1 Pfund — um 75° C., oder was dasselbe ist, von 0,75 Pfd. Wasser um 100° C. zu erhöhen *). Wenn man ferner in Erwägung zieht, daß nach Element und Desormes gleiche Gewichte Wasserdampf, welches auch ihre Temperatur und Spannung sein mag, stets von einer und derselben Wärmemenge gebildet sind, also gleiche Mengen davon enthalten; wenn man zudem bedenkt, daß die Quantität Wärme, welche Wasser von 100° C. auf eine für das Thermometer nicht mehr fühlbare Weise (latent) verschluckt, um damit Dampf zu bilden, nach Element und Desormes 5,5mal (5,67mal nach Rumford) hinreicht, um dasselbe Gewicht Wasser von 0° auf 100° C. zu erhizen, so wird man leicht im Stande sein zu berechnen, wie viel Wasser durch die Wärme, welche 1 Pfd. Eis von 0° schmilzt, in Dampf verwandelt wird. Man findet nämlich, daß das 5,5fache derselben 1 Pfd., oder daß sie mit anderen Worten 0,154 Pfd. Wasser zu verdampfen vermag.

Rumford's Versuche, welche sich übrigens nur auf die verschiedenen Holzarten beziehen, führten zu folgenden Resultaten:

*) Sie erhielten diese Zahl als Mittel aus zwei Bestimmungen, welche 73 und 76 gaben. Nach neuern und genauern Versuchen von de la Prevostage und Desain, sowie Regnault scheint dieselbe zu gering und auf 79 erhöht werden zu müssen.

Werk und Eistung der Brennstoffe.	Holzarten, wovon 1 Pfd. beim Verbrennen	Pfunde Wasser von 0° auf 100° C. erwärmt.	Holzarten, wovon 1 Pfd. beim Verbrennen	Pfunde Wasser von 0° auf 100° C. erwärmt.
	1. Lindenholz.			
	Trocknes Tischlerholz, 4 Jahre liegend	34,707	Dasselbe, an der Luft getrock- nete Hobelspäne	33,720
	Dasselbe leicht gedörft . . .	38,833	Dasselbe, auf dem Ofen ge- dörft Hobelspäne . . .	35,449
	Dasselbe stark gedörft . . .	40,131		
	2. Buchenholz.		6. Ahornholz.	
	Trocknes Tischlerholz, 4 bis 5 Jahre liegend	33,798	Stark auf dem Ofen getrocknet	36,117
	Dasselbe, stark gedörft . . .	36,476		
	3. Rüsternholz.		7. Eberesche.	
	Tischlerholz, noch etwas feucht	20,147	Stark auf dem Ofen gedörft	36,130
	Dasselbe trocken, 4 bis 5 Jahre liegend	30,205	Dasselbe, braun gedörft . . .	32,337
	Dasselbe, stark gedörft . . .	34,083		
	Dasselbe, braun gedörft . . .	30,900	8. Vogelkirsche.	
			Trocknes Tischlerholz	33,339
			Stark auf dem Ofen getrocknet	36,904
			Braun gedörft	34,736
	4. Eichenholz.		9. Fichtenholz.	
	Gewöhnliches Brennholz in dün- nen Hobelspänen	26,272	Gewönl. trocknes Tischlerholz	30,322
	Dasselbe, in mittleren Hobel- spänen	25,590	Dasselbe, in gut lufttrocknen Hobelfstreifen	34,000
	Dasselbe, in dickeren Hobelspänen	24,748	Dasselbe, in ofentrocknen Ho- belfstreifen	37,379
	Dasselbe, gut lufttrocken . . .	29,210	Dasselbe, braun gedörft . . .	33,358
	Sehr trocknes Tischlerholz, in dünnen Spänen	29,838	Dasselbe, in dicken Spänen	28,695
	Dasselbe, in dickeren	26,227		
	5. Eschenholz.		10. Pappelholz.	
	Gewöhnliches trocknes Tischler- holz	30,666	Tischlerholz, gewönl. trocknes	34,601
			Dasselbe, stark ofentrocken .	37,161
			11. Hainbuchen.	
			Tischlerholz, gewönl., trocken	31,704

Eine höchst bemerkenswerthe Beziehung zwischen der entwickelten Wärmemenge und dem Chemismus der Verbrennung wurde zuerst von Welter aus den calorimetrischen Versuchen von Laplace, Lavoisier, Desprez, Rumford u. abgeleitet und gab zu einer neueren und bequemeren Bestimmung der Heizkraft Veranlassung. Er fand nämlich, daß diejenigen Quantitäten eines brennbaren Körpers, welche gleiche Mengen Sauerstoff zur Verbrennung voraussetzen, auch gleiche Wärmemengen dabei entbinden, wie folgende Beispiele zeigen:

1 Gew. Th.	vermag zu erwärmen Pfd. Wasser von 0°—100° C.	1 Gew. Th. Sauer- stoff verzehrt	welche Pfd. Wasser von 0° auf 100° erwärmen.
Wasserstoff . . .	236,4 Desprez	0,125 G. Th.	2,955
Kohle	78,15 ders.	0,375 „ „	2,931
Völlig trocknes Holz	43,141 Rumf.	0,724 „ „	3,093

Bei der Mehrzahl der brennbaren Körper ist die Abweichung wenigstens nicht beträchtlicher, als die Schwierigkeit der calorimetrischen Versuche voraussetzen läßt, während andere, wie Phosphor, Eisen u. um das Doppelte abweichen. In soweit zog Welter sofort den Schluß, daß der zur Verbrennung eines Körpers erforderliche Sauerstoff, als in demselben Verhältniß stehend und wie die durch ihn entwickelten Wärmemengen, füglich zum Maßstab der Heizkraft dienen können. In der That wird man a priori auf diese Voraussetzung geführt, wenn man bedenkt, daß einerseits die entwickelte Wärme mit der Masse des verbrannten Körpers im Verhältniß stehen muß; andererseits aber der Sauerstoff mit demselben Recht als der verbrennende Theil betrachtet werden kann, wie der Körper, womit er sich verbindet (der Brennstoff). Wenn also der Sauerstoff durch Kohle, Holz, Wasserstoff u. verbrennt, so muß auch die Wärme, welche entbunden wird, mit der Menge jenes wachsen, welche dabei aufgeht, die Welter'sche Voraussetzung ermangelt übrigens bis jetzt jedes directen Beweises. Nichts destoweniger hat Berthier darauf ein praktisches Verfahren gegründet, um in einem einzigen Versuch den zur Verbrennung nöthigen Sauerstoff und somit die Heizkraft zu bestimmen. Es besteht darin, daß man eine gewogene Menge des Brennstoffs mit einem großen Uebermaaß reiner Bleiglätte so lange glüht, bis derselbe durch den Sauerstoff des Dryds, gerade so wie sonst durch die Luft, vollständig verbrannt ist. Jedes verbrauchte Aequivalent Sauerstoff hinterläßt 1 Aequivalent regulinisches Blei. Man hat daher nur nöthig, den erhaltenen Bleikönig zu wägen, um daraus auf den verbrauchten Sauerstoff und die Heizkraft zu schließen, vorausgesetzt, daß man die Brennstoffe nur allgemein gegen einander vergleichen will. Ist es dagegen die Aufgabe, die damit auf 1° oder 100° C. erwärmbare Wassermenge zu ermitteln, so ist es nöthig, sich auf die bekannte calorimetrische Fähigkeit irgend eines Brennstoffs — meist wählt man den reinen Kohlenstoff — zu stützen, welcher alsdann den Vergleichungspunkt abgibt. Es erfordert nun 1 Gewichtstheil reine Kohle 2,666 Gewichtstheile Sauerstoff, welche, aus der Bleiglätte genommen, 34,5 Gewichtstheile Blei abscheiden; ferner vermag dieselbe Kohle nach Desprez 78,15 Gewichtstheile Wasser von 0° auf 100° C. zu erhizen; so daß jeder Gewichtstheil Blei, welcher bei dem Versuche durch irgend einen Brennstoff reducirt wird, $\frac{78,15}{34,5} = 2,265$ Gewichtstheilen Wasser entspricht, welche dadurch um 100° C. würden erwärmt worden sein. — Wie man leicht einsieht, läßt sich die zur vollkommenen Verbrennung eines Materials — also zur Umwandlung seines Kohlenstoffs in Kohlensäure, seines Wasserstoffs in Wasser — nöthige Sauerstoffmenge und somit die Heizkraft auch aus der Elementaranalyse und zwar mit größerer Genauigkeit *) berechnen. Da 1 Gewichtstheil Kohlenstoff 2,666, und 1 Gewichtstheil Wasserstoff das Dreifache, nämlich 8 Theile Sauerstoff aufnehmen, so hat man von der Summe beider nur die Quantität abzuziehen, welche der Brennstoff an und für sich enthält, um diejenige zu

*) Praktische Erfahrungen im Großen, so wie die Elementaranalysen haben dargethan, daß die Bestimmungen mit Bleiglätte, vermöge eines constanten Fehlers, fast stets um ein Bestimmtes (ungefähr $\frac{1}{2}$) hinter der Wahrheit zurückbleiben.

Werth und
Leistung der
Brennstoffe.

finden, welche von außen zugeführt werden muß und seine Heizkraft mißt. Z. B. im Eichenholz sind 0,4943 Kohlenstoff und 0,0607 Wasserstoff, welches giebt $0,4943 \times 2,666 + 0,0607 \times 8 = 1,318 + 0,485 = 1,803$. Zieht man davon den Sauerstoffgehalt des Eichenholzes, nämlich 0,445 ab, so bleibt $1,803 - 0,445 = 1,358$ zur Verbrennung nöthiger Sauerstoff, entsprechend 17,58 Blei oder 39,8 Gewichtstheilen Wasser, welche von 1 Theile Eichenholz auf 100° C erhitzt worden. Sämmtliche oben angeführte Elementaranalysen der Brennstoffe sind demnach als ebenso viele Heizkraftbestimmungen zu betrachten und in diesem Gesichtspunkte mit den directen Versuchen nach Berthier's Methode hier zusammengestellt, wie sie theils von ihm selbst, theils von Winkler, Karmarsch und Anderen gemacht wurden.

1. Die Holzarten.

Namen derselben.	Gewöhnlich trocken. Berthier.		Mit 9 pCt. Wassergehalt. Winkler.		Vollkommen ausgetrocknet. Schoedler und Petersen.			
	Liefert durch Reducation Gewichtstheile Blei.	Erwärmt daher von 0° — 100° C. Gew. Th. Wasser.	Liefert durch Reducation Gewichtstheile Blei.	Erwärmt daher von 0° — 100° C. Gew. Th. Wasser.	Bedarf zur vollständigen Verbrennung Gew. Th. Sauerstoff.	Erwärmt daher von 0° — 100° C. Gew. Th. Wasser.	Bedarf zur vollkommenen Verbrennung Luft von 19° C. Pfd. C. F. heißsch.	
1 G. Th. Eichenholz	12,5	28,3	14,05	31,82	1,358	39,82	5,83	154,4
„ Eichenholz			14,96	33,89	1,356	39,76	5,82	154,2
„ Ahornholz	13,1	29,7	14,16	32,07	1,394	40,85	5,98	148,4
„ Buchenholz	13,7	31,0	14,00	31,71	1,346	39,44	5,78	152,9
„ Birkenholz	14,0	31,7	14,08	31,90	1,356	39,73	5,82	153,0
„ Ulmenholz			14,50	32,84	1,418	41,55	6,08	161,1
„ Pappelholz			13,04	29,54	1,390	40,72	5,96	157,9
„ Lindenholz			14,48	32,80	1,429	41,87	6,13	162,3
„ Weidenholz			13,10	29,67	1,352	39,61	5,80	153,6
„ Tannenholz	14,5	32,8	13,86	31,39	1,408	41,25	6,04	160,0
„ Fichtenholz	13,7	31,0	13,88	31,44	1,392	40,82	5,98	158,2
„ Kiefernholz			13,27	30,06	1,393	40,85	5,98	158,3
„ Hainbuchen.	12,5	28,3						
„ Erleholz	13,7	31,0						
„ Lerchenholz					1,408	41,25	6,04	160,0

2. Holzkohlen.

Verth und Leistung der Brennstoffe.

1 Thl. Kohle reducirt Blei nach Berthier.		Erwärmen Wasser von 0°—100° C.	reduciren Blei.	Erwärmen Wasser von 0°—100° C.	Bedarf zur vollkommenen Verbrennung.
		nach Winkler.			
künstliche	Pappelfohle	30,60	Durchschnittlich 68 Gew. Thl.	33,56	Im Durchschnitt 75,7 Thle. 293,5 G. B. Luft von 19° C. durchschnittlich.
	Ahornkohle	30,60		33,23	
	Eichenkohle	29,60		33,23	
	Espenkohle	29,5	Durchschnittlich 72 Thle.	33,51	
Sogleich nach dem Ziehen in Flaschen geschlossen.	Tannenkohle	32,3		33,71	
	Erlenkohle	32,4		33,74	
	Birkenkohle	31,4		33,57	
	Eichenkohle	31,3		33,26	
	Buchenkohle			32,79	
	Alnenkohle			33,49	
	Lindenkohle			33,53	
	Weidenkohle			33,62	
	Fichtenkohle				
	Kiefernkohle				

3. Torfarten.

Fundort.	Berthier		Fundort.	Winkler	
	reducirt a. d. Glätte G. Th. Blei.	erhitzt daher G. Th. Wasser a. 100° C.		reducirt a. d. Glätte G. Th. Blei.	erwärmt G. Th. Wasser a. 100° C.
1 G. Th. v. Troyes	8,0	18,1	Unter 24 Sorten aus dem Erzgebirge die geringste — die beste		
» v. Ham, Dep. la Somme	12,3	27,9		11,9	26,9
» » Bassy, Dep. la Marne	13,0	29,2		18,8	42,6
» » Framont, Dep. des Vosges	15,4	34,9	v. Allen in Irland, eberer unterer gepreßter T.	Griffith	
» » Ischour, Dep. des Landes	15,3	34,6		27,7	62,7
» » Königsbrunn Württemberg	14,3	32,4		25,0	56,6
				13,7	28,0

Bei einer ausgedehnten Untersuchung von mehr als 100 hannövrischen Torfsorten fand Karmarsch zwar bedeutende Verschiedenheiten der einzelnen Sorten, welche sich weder an Alter noch sonstige Merkmale derselben bestimmt anschließen, aber doch in Bezug auf ersteres folgende Mittelwerthe geben, nämlich 1) junger Torf und zwar a) gelber Rasentorf verdampfte per Pfd. 1,78 Pfd. Wasser, b) brauner und schwarzer 2,03 Pfd. 2) Alter Torf und zwar a) Erdtorf 1,98 b) Pechtorf 2,08 Pfd. Ueberhaupt schwankte die von einem Pfd. verdampfte Wassermenge von 49 (beim geringsten) bis zu 73,5 Loth (beim besten).

Werth und
Leistung der
Brennstoffe.

4. Torfkohlen.

Ursprung.	Berthier		Ursprung.	Berthier	
	reducirt Blei aus Glätte G. Th.	erwärmt Wasser a 100° C. G. Th.		reducirt Blei aus Glätte. G. Th.	erwärmt Wasser a 100° C. G. Th.
1 G. Th. v. Grigny- (u. Durcq Dep. Seine u. Marne	17,7	40,1	G. Th. v. Gsonne, in Paris häufig consum.	22,4	50,7
— Sam	18,4	41,7	. Framont, und Torf von Champ du feu.	26,0	58,9

5. Braunkohlen.

Fundorte.	Berthier		Fundorte.	Berthier	
	reducirt a. Glätte Blei G. Th.	erwärmt Wasser v. 0°—100° C. G. Th.		reducirt Blei aus Glätte. G. Th.	erwärmt Wasser v. 0°—100° C. G. Th.
1 G. Thl. Gemeinde Dauphin, basses Alpes St. Martin de Baud, Kanton Waadt . .	25,3	57,3	1 G. Thl. St. Lon, basses Pyrénées .	20,3	46,0
Minerme, Dep. de l'Aude	22,6	51,2	Bal-Pineau, D. Sar- the	19,25	43,6
Giardanne, Bouches du Rhône	22,8	51,6	Gewöhnl. Deutsche Edon, Dep. de la Cha- rente	1,840	41,7
Fuveau, " " . .	22,0	49,8	Alpheus, Griechenland	17,0	38,5
Gusant Dort " . .	21,0	47,6	Triphillis, " "	16,3	36,9
Reep Quarch, Zürcher See	21,0	47,6	Rumi, " "	16,3	36,9
	20,7	46,9	Elbogen, Böhmen .	15,8	38,8
				18,2	41,2
Kühnert			Regnault		
1 G. Th. Erdige Braun- kohle, stängl., Meißner	2,01	58,9	Erdige Kohle v. Dar v. Bouches du Rhône	2,138	62,6
Pechkohle von da .	1,59	46,6	Nieder-alpen . . .	1,889	55,3
Dieselbe, Ringfuhr	1,69	49,5	Griechenland . . .	1,669	48,9
Dieselbe, Habichtswald	1,60	46,9	Köln	1,784	52,3
Glanzkohle, Ringfuhr	1,93	56,5	Wien	1,824	53,4
Pechkohlenartig, Ha- bichtswald . . .	1 9	43,6	Wienach	1,510	46,6
Unterste Schicht, Ringf.	1 9	43,6			
Mittlere " " . .	1 0	43,9	Barrentrapp		
Stillberger . . .	141	41,3	Helmstedt, Grube Prinz Wilhelm	2,017	59,1
Lignit vom Meißner	147	43,1	" andere Grube	2,183	63,9
" von Laubach	175	51,3	Schöningen, Gr. Treue	1,876	54,9
			" andere Grube	1,860	54,5

6. Steinkohlen.

Werk und
Leistung der
Brennstoffe.

Art und Fundort der Kohle.	Berthier				Art und Fundort der Kohle.	Berthier			
	reduc. a. Glätte G. Th. Blei.	erwärmt G. Th. Wass. a. 100°C	nach den Ana- lysen pag. 24.			reduc. a. Glätte G. Th. Blei.	erwärmt G. Th. Wass. a. 100°C	nach den Ana- lysen pag. 24.	
a. Backkohlen.					Trenil Grube bei St. Etienne				
1 G. Th. von Dowlais in Wallis	31,8	72,0			Bellestat, Aude, sog. Jayet	25,1	57,5		
Glamorgan	31,2	70,7			Jayet (unbekannt. Fundort)	24,4	55,2		
Schwiller bei Aachen .	31,0	70,2	69,7			23,3	52,8		
Lippe-Schaumburg . .	30,9	70,0	80,0		b. Sinterkohlen.				
Newcastle	30,9	70,0	71,5		Cherrycoal, Derbyshire	27,2	61,6		
Carmean bei Alby . . .	30,1	68,2			Weiche Kohle " "	26,3	59,5		
Rive de Gier, grand croir	29,6	67,0	78,0		Oviedo in Asturien . .	26,1	59,1		
Mons, Bouleau-Fontaine-					Gammelcoal v. Glasgow	24,9	56,4		
Madame	29,0	65,7			St. Georges de Laven-				
Gammelcoal, Bigan . . .	28,3	64,1	76,0		cas, Aveyron	24,0	54,5		
Mons, Grand-Gaillet . .	28,1	63,6			Gammelcoal v. Lancashire	23,5	53,2		
Rochebelle bei Alais . .	27,6	62,5	79,7		Ombrowa, Schlessen . .	21,2	48,0		
Mons, Grb. noll. Alliance	27,4	62,1			Salin, Jura	21,0	47,5		
Boucamp, Haute Saône .	27,3	61,8			Vazas Slawenien . . .	19,4	43,9		
Bessèges, Aveyron . . .	27,0	61,1			c. Sandkohlen.				
St. Pierre la Cour, bei					Durham	31,6	71,6		
Mayenne	27,0	61,1			Rolduc bei Aachen . .	31,0	70,2		80
Epinae, Saône u. Loire	26,8	60,7	72,8		Zinsweyer bei Offenbergy	22,2	50,3		
Aus Oviedo in Asturien	26,1	59,1							

7. Kohls.

Art derselben.	Berthier		Art derselben.	Berthier	
	reducirt a. Glätte G. Th. Blei.	erwärmt Wasser v. 0° a 100 C. G. Th.		reducirt a. Glätte G. Th. Blei.	erwärmt Wasser v. 0° a 100 C. G. Th.
1 G. Th. à la Garre, aus Kohle v. St. Etienne	28,5	65,6	von Rive de Gier	26,0	58,9
aus Kohlen v. Bessèges	28,4	64,3	Gaskohle von Paris	22,2	50,3

8. Anthracite.

Fundort.	Berthier		
	a. Glätte red. G. Th. Blei.	erwärmt Pfd. Wasser auf 100°C G. Th.	nach den Ana- lysen G. Th. Wasser.
1 G. Th. v. Lamure bei Grenoble .	31,6	71,5	72,8
von Pennsylvania	30,5	69,1	75,6
von Laval (la Chaumière	33,0	74,7	
von Laval (la Baconière	26,6	60,2	
von Corbatière in Savoyen	26,7	60,5	

Werk und
Leistung der
Brennstoffe.

Zur vollständigen Verbrennung erfordert nach den gegebenen Bestimmungen und Analysen außerdem 1 Pfd. Torf 70 bis 134 C. F. Luft von 19° C, bei mittleren Sorten 149 C. F., 1 Pfd. Torfkohle 155 bis 228 C. F.; 1 Pfd. Braunkohle nach den Bleibestimmungen 139 bis 222, nach den Analysen 160 bis 248 C. F.; 1 Pfd. Steinkohlen nach den Bleibestimmungen 170 bis 279, bei mittlerer Güte 228 C. F., nach Richardsons Analysen 248 bis 303, nach Regnault's für die des Kohlengebirgs 320 bis 332, der secundären Formation 293 bis 326 C. F., 1 Pfd. Rohf 194 bis 250 C. F.; 1 Pfd. Anthrazit nach den Bleibestimmungen 233 bis 277, nach Regnault's Analyse 312 C. F. Bei der angegebenen Temperatur wiegt 1 C. F. Luft 0,03794 Pfd.

Einfluß der
Zeit, in wel-
cher die Brenn-
stoffe ihre Wä-
rme entwickeln.

Die bis jetzt angeführten Zahlen, welche also das Verhältniß der aus den Brennstoffen entwickelten Wärmemengen angeben, scheinen von vorn herein mit den Erfahrungen des täglichen Lebens in grellem Widerspruche zu stehen. Während man z. B. aus den harten Hölzern in den meisten Fällen mehr Wärme erhält, stellen nichts destoweniger die Versuche das Lindenholz an die Spitze und die weichen Hölzer überhaupt höher. Die genauen Analysen von Schoedler und Petersen lassen nun die wahre Bedeutung der praktischen Erfahrung auf eine genügende Weise erkennen; sie zeigen nämlich, daß, während die reine Holzfaser genau so viel Wasserstoff enthält, als zur Wasserbildung mit dem Sauerstoff erforderlich ist — also im Verhältniß von 1 zu 8 — daß die eigentlichen Hölzer mehr davon enthalten, als dem entspricht, einen Ueberschuß, welcher bei den einzelnen Arten sehr ungleich, im Allgemeinen aber sehr bedeutungsvoll ist.

So setzen die 44,5 Sauerstoff im Eichenholz $\frac{44,5}{8} = 5,562$ Wasserstoff voraus, um damit Wasser zu bilden; es sind aber 6,07 % vorhanden, folglich beträgt der Ueberschuß $6,07 - 5,562 = 0,508$ %, oder 5,08 auf 1000 Theile Holz. Auf gleiche Art findet man auf 1000 Theile

überschüssiger Wasserstoff.	überschüssiger Wasserstoff.	überschüssiger Wasserstoff.	überschüssiger Wasserstoff.
Eichenholz 5,08	Buchenholz 6,50	Pappelholz 8,20	Tannenholz 9,50
Esfchenholz 5,05	Birkenholz 7,50	Lindenholz 13,90	Fichtenholz 8,80
Ahornholz 8,30	Ulmenholz 10,00	Weidenholz 7,00	Kiefernholz 7,70
			Lärchenholz 8,60

Bei der Erhitzung des Holzes wird dieser Wasserstoffüberschuß vorzugsweise zur Bildung von gas- und dampfförmigen Kohlenwasserstoffen, und mithin zu Hinterlassung einer geringeren Menge Kohle — von der derselbe einen großen Theil mit wegführt — Veranlassung geben. Gerade diese Gase und Dämpfe sind es nun, welche mit so großer Leichtigkeit verbrennen und das bilden, was man die Flamme nennt. Chemisch zeichnen sich also die leichten Hölzer durch einen größeren Ueberschuß an Wasserstoff aus, welcher bewirkt, daß der erste Act ihrer Verbrennung — die Flammenverbrennung — sich auf Kosten des zweiten — der Kohlenverglümmung — ausdehnt; sie werden demnach im Allgemeinen viel leichter brennen, oder was dasselbe besagt, ihre Wärme in kürzerer Zeit entwickeln, als die harten — was man sehr passend ihre größere

Entzündlichkeit nennen kann — eine Wärmemenge, welche um deswillen an und für sich größer sein muß, weil 1 Gewichtstheil Wasserstoff gerade dreimal so viel Sauerstoff bindet (also auch dreimal mehr Wärme entwickelt), als 1 Gewichtstheil Kohlenstoff. Nun sind aber unsere Heizeinrichtungen meist der Art, daß sie eine geraume Zeit bedürfen, um die Wärme, welche ein Brennstoff darin entwickelt, aufzunehmen und der Umgebung, welche sie genießen will, auf eine passende Weise zuzuführen. Findet die Entwicklung zu rasch Statt, so ist diese Zeit nicht gegeben und ein Theil der Wärme entweicht unbenutzt, ohne der Umgebung zuzuschießen. Wenn sich daher die Erfahrung für die harten Hölzer ausspricht, so meint sie damit nur, daß die weichen Hölzer ihre an und für sich größere Wärmemenge auf eine Weise von sich geben, welche in den Defen zc. mit bedeutend größerem Verlust verknüpft ist, ohne ihnen dieselbe abzusprechen und umgekehrt. Aus diesem Grunde giebt man da, wo es sich darum handelt, eine sehr intensive Hitze zu erzeugen, wie bei Porzellanofenfeuern, den weichen Hölzern unbedingt den Vorzug. Was für die Hölzer gesagt wurde, gilt mehr oder weniger auch für die anderen Brennstoffe.

Einfluß der Zeit, in welcher die Brennstoffe ihre Wärme entwickeln.

Außerdem hängt die Zeit, welche dieselben zur Verbrennung, also auch zur Wärmeentwicklung erfordern, beträchtlich von dem Grade der Zertheilung, oder Umfange der Scheite, Kohlenstücke, Torfziegel zc. ab, in welchen sie bei der Heizung dem Feuer geboten werden. Ein bestimmtes Gewicht Holz, z. B. in feinen Spänen angewendet, wird mit der verbrennenden Luft leicht in hundertfach größere Berührung kommen, als in Gestalt eines einzigen compacten Stücks. Im ersten Fall würden auch vielleicht hundertmal mehr Holztheilchen zu gleicher Zeit zum Verbrennen kommen, als in anderen, und die Wärmeentwicklung wird in demselben Maße rascher verlaufen. Während das compacte Stück sich langsam verzehrt und seine Umgebung (die Ofenwände) stundenlang auf einer mäßigen Temperatur zu erhalten vermag, werden die Hobelspäne dieselbe minutenlang zum Glühen bringen. Dieser Umstand ist für die Praxis von vielem Einfluß. So gewiß nämlich die Entzündlichkeit (die Menge, welche in einer gegebenen Zeit verbrennt) anfangs mit der Zerkleinerung wächst, ebenso gewiß wirkt diese letztere, über einen gewissen Punkt getrieben, schnell im entgegengesetzten Sinne, um die Verbrennlichkeit zuletzt gänzlich aufzuheben. Kohlenstaub, Sägespäne, zermalmte Steinkohlen der besten Qualität, pulveriger Torf u. s. f. hören gänzlich auf Brennstoffe zu sein, weil, welches die Heizvorrichtung auch sein mag, die einzelnen Theilchen sich zu dicht auf einander legen, als daß noch Zwischenraum für den Luftzug bliebe; in dieser Form sind sie werthlos. Nur backende Steinkohlen können aus diesem Zustande in compacte Kohls umgewandelt und verworthen werden. Brennstoffe, welche in der Hitze zerfallen, ohne wieder zu backen, theilen diesen Uebelstand. — Man verworthen sehr häufig staubförmige Abfälle von Torf und Holzkohlen, so wie Grubenklein dadurch, daß man dieselben mit so viel aufgeweichtem Thon vermengt, als zum Binden der Masse nöthig ist, und Ziegel daraus streicht, welche man trocknet und als geringeres Brennmaterial unter dem Namen Briquettes oder Brennziegel verkauft. Ebenso zweckmäßig ist es, sich des Grubenkleins von Backkohlen als Bindemittel zu bedienen. Ein Theil guter Schmiedegruß von St. Etienne vermag z. B. noch mit 2 bis 3

Theilen Braunkohle einen zusammenhängenden Kofz zu bilden; eine jede Schaufel dieses Gemenges giebt daher auf der Gluth nach wenigen Augenblicken ein compactes Stück, welches ebenso gut brennt, als ganze Kohlen.

**Schluf-
merkung.** Nach Allem, was über die Natur der Brennstoffe gesagt wurde, ist es einleuchtend, daß man die »Erfindung« eines neuen der Art nur als ein Uebing betrachten kann; man hat immer nur darunter die Zugutemachung von Abfällen zu verstehen, welche im glücklichen Falle allerdings den natürlichen Stoffen gegenüber gewisse Vortheile gewähren können. Wären z. B. die gerühmten Vorzüge des sogenannten, von W e s c h n a e k o f f erfundenen Carboleins (eines Gemenges von Kohlenklein und wahrscheinlich abgängigem Fett) gegründet, so würde sein höherer Preis durch eine im Vergleich mit Steinkohlen concentrirtere Heizkraft für die Dampfschiffahrt Nutzen versprechen. So bedarf das Dampfboot »Mammuth« von 1000 Pferden Kraft, zu seiner Fahrt 81884 C. F. (2240 Tonnen) Steinkohlen; nach gemachten Beobachtungen gingen per Pferdekraft nur 0,643mal so viel Carbolein als Kohlen auf, welches zudem bei gleichem Gewicht einen nur 0,98 mal so großen Raum einnehmen soll. Es würden daher 63 C. F. Carbolein so viel leisten, als 100 C. F. Kohlen, oder zu einer Fahrt nur 51587 C. F. davon nöthig sein, wodurch auf dem Schiffe (81884 — 51587) nahe 30,000 C. F. Raum erspart werden, welche, da man die Fracht per C. F. und zwar zu 3 fl. rechnet, immer noch einer Ersparniß von 82000 fl. gleichkommen, wenn man 7700 fl. abzieht, welche jene Quantität Carbolein mehr kostet. —

Sämmtliche angeführten Versuche geben vergleichungsweise die Wärmemengen, welche möglicher Weise aus den Brennstoffen entwickelt werden können, in Gewichtstheilen Wasser ausgedrückt, welche dadurch auf 100° erwärmt werden; sie geben also die Quantitäten Wärme an, welche im höchsten Fall daraus hervorgehen. Zieht man nun damit die Wärmemenge in Vergleich, welche man bei dem jetzigen Standpunkte der Industrie denselben in der Praxis nutzbar und überhaupt abzugewinnen versteht, so zeigt sich, daß diese, der Theorie gegenüber, außerordentlich gering ist. Es muß also ein beträchtlicher Theil der Wärme, welche die Brennstoffe repräsentiren, in der Ausübung entweder gar nicht entwickelt, oder doch wieder unbenutzt verloren werden. Beides ist der Fall; um aber die Quellen dieses Verlustes besser einzusehen, ist es nöthig, sich zuvor von den Grundsätzen der Heizung selbst Kenntniß zu verschaffen.

**Von der
Heizung.** Die Anwendung der Brennstoffe zu praktischen Zwecken wird die Heizung genannt und hat die Aufgabe, die Wärme aus denselben so vollständig wie möglich in geeigneten Vorrichtungen (Defen, Feuerungen) zu entwickeln und mit dem geringsten Verlust ihrer Bestimmung zuzuführen. Diese letztere ist entweder eine rein gewerbliche, insofern die entwickelte Wärme als Beihülfe zur Verwandlung von Rohstoffen in Gegenstände unserer Bedürfnisse dient — alle Fälle des Glühens, Schmelzens, Siedens, Röstens, Schmiedens u. gehören hierher — oder eine dem täglichen Leben angehörige, nämlich die Erwärmung der Räume, worin man sich während der kalten Jahreszeit aufhält, die eigentliche Zimmerheizung. Da die übrigen Fälle im Laufe der Darstellung der Gewerbe in vielen Beispielen nähere Erörterung erfahren werden, so ist hier zunächst von der Heizung der Zimmer ausschließlich die Rede.

Allgemein genommen besteht sie darin, daß die in dem Raum enthaltene Luft von dem Brennstoff auf einer unseren physischen Anforderungen entsprechenden Temperatur gegen die Kälte außerhalb erhalten wird. Zufällig ist nun die Fähigkeit der Luft, die empfangene Wärme durch ihre Masse hindurch fortzupflanzen, äußerst gering und ihre Erwärmung würde auf diesem Wege sehr schwierig und langsam von Statten gehen, wenn nicht schon im Anfang derselben eine Strömung entstände, welche man als die hauptsächlichste Verbreiterin der Wärme anzusehen hat. Die mit dem erhitzten Medium (der Ofenfläche) zunächst in Berührung stehende Luftschicht erfährt nämlich mit der Temperaturerhöhung sogleich eine Vermehrung ihres Volums und somit eine Verminderung ihres eigenthümlichen Gewichts, wodurch sie von der Kälte von der Stelle gedrückt und genöthigt wird, sich in die obersten Regionen des Raums zu begeben. Die Kälte erfährt dieselbe Bewegung u. s. f., bis nach und nach die ganze Menge der Zimmerluft auf dem Wege dieser Strömung Gelegenheit gefunden hat, sich an der heißen Fläche zu erwärmen. Die Geschwindigkeit einer derartigen Strömung hängt also von der Ausdehnung der heizenden Oberfläche überhaupt und der Temperaturdifferenz zwischen der bereits erwärmten Luft, oder, was dasselbe ist, zwischen der Ofenfläche und der noch kalten Luft ab, steht dagegen nicht in geradem Verhältniß damit, sondern ist der Quadratwurzel derselben proportional. Hat die Zimmerluft z. B. 15°C. und die Ofenfläche das eine Mal 80°C. das andere Mal 100°C. , so wird die Strömung im letzten Falle um $\sqrt{\frac{80-15}{100-15}} =$

$\frac{1}{1,14}$ schneller sein. Weil sich endlich die Wärme von einer Quelle aus, außer durch unmittelbare Berührung, auch durch Strahlung fortpflanzt, so werden auf diesem Wege auch entferntere Luftschichten erwärmt und durch die Strömung fortbewegt. Auf diese Weise würde die Heizung der Zimmer sehr leicht, schnell und mit geringem Aufwand von Brennstoff vor sich gehen, wenn nicht durch vielfältige Ursachen, welche mehrentheils in der Natur der Sache liegen und niemals zu vermeiden sind, in den Zimmern eine fortwährende Entziehung von Wärme und Entweichen von erwärmter Luft stattfände. Einmal werden die Wände des Zimmers, die Fenster- und Thürflächen fortwährend Wärme von der Luft aufnehmen und nach außen abgeben, ferner steht die innere Luft als wärmer und leichter, mit der äußern nicht im Gleichgewicht, sondern alle Oeffnungen, wie Ritzen der Fenster und Thüren und ganz besonders das Oeffnen derselben zc., werden dazu dienen, von unten kalte Luft herein, von oben warme Luft hinaus zu lassen; endlich ist es für den Aufenthalt im Zimmer durchaus nothwendig, daß die durch's Athmen und die Ausdünstung verbrauchte Luft stets durch frische ersetzt wird (Ventilation). Nach einer Schätzung von *Munke* beträgt der angeführte Verlust, selbst das abgerechnet, was die nothwendige Ventilation dazu beiträgt, in 12 Stunden das 5fache, nach einer andern Schätzung nahe das 6fache der Wärme, welche nöthig ist, das in einem Zimmer gewöhnlicher Einrichtung ursprünglich enthaltene Luftquantum auf 20°C. zu erwärmen. Immer wird diese Größe für die einzelnen Fälle verschieden sein und besonders ausgemittelt werden müssen. Zum Theil wird dieser Schaden durch die Lebenswärme der im Zimmer befindli-

Von der
Heizung.

chen Personen, so wie durch das Brennen von Lichtern und Lampen aufgehoben, doch bleibt es immer gewiß, daß der größte Theil der consumirten Brennstoffe nicht zur ursprünglichen Erwärmung der Luft in den Zimmern, sondern vielmehr zur fortwährenden Ausgleichung des besprochenen Verlustes dient. Zweckmäßige Einrichtungen, z. B. Doppelfenster und Doppelthüren, welche eine stagnirende Luftschicht einschließen, können den letztern wesentlich vermindern. Während eine Thüre geöffnet ist, wird nämlich die warme Luft von oben aus-, die kalte von unten einströmen, und zwar um so schneller, je größer der Unterschied der Temperatur beider ist.

Darum ist es vortheilhaft, die Thüren nach erwärmten Vorplätzen gehen zu lassen. — Es versteht sich von selbst, daß bei der verschiedenen Beschaffenheit der Lokalitäten keine Angaben allgemeine Gültigkeit haben können. Uebrigens läßt sich für jeden Fall die Größe des Verlustes empirisch dadurch finden, daß man beobachtet, um wie viel die Temperatur eines Zimmers in einer gegebenen Zeit nach dem Erlöschen des Feuers sinkt. — Die Erwärmung der Luft in der angeführten Weise geht stets von einer Vorrichtung aus, worin die Verbrennung des Materials und die Fortführung der Wärme stattfindet. Bei den tausendfältigen Formen, welche diese Vorrichtungen im Leben annehmen, lassen sich drei wesentliche Theile unterscheiden: der Raum, worin die Verbrennung vor sich geht, der Feuerraum; der Raum, worin die Hitze ihre Wirkung ausübt, der Heizraum; endlich der Rauchfang, welcher theils zur Hervorbringung des Luftzugs, theils zur Ableitung der Verbrennungsproducte dient. Die beiden Grundbedingungen, welche jede Einrichtung erfüllen muß, sind: Erhaltung der Temperatur, welche das Material zu seiner Verbrennung bedarf, und Hinzuführung der dazu erforderlichen Luft (Sauerstoffs). Mangel an dem einen oder andern hat unfehlbar ein unvollkommenes Verbrennen, also auch eine unvollständige Wärmeentwicklung zur Folge, ein Umstand, der in der Praxis niemals ganz vermieden werden kann.

Die zum Brennen erforderliche Luft wird zuweilen, wie bei metallurgischen Processen, unabhängig von der Feuerung, durch besondere Maschinen in den Brennraum eingeblasen; oder man benutzt in der Mehrzahl der Fälle, wie in allen Zimmeröfen, Kochherden, Kesselfeuerungen u. dergl., die erzeugte Wärme als Kraft, um die Luft nach dem Brennraume hin zu treiben, was mittelst der Esse (des Rauchfanges) geschieht, welcher wesentlich nichts Anderes ist, als ein auf eine bestimmte Höhe über den Feuerraum sich erhebender Kanal, dessen Querschnitt von irgend einer Form, mit jenem (d. Feuerraum) innerhalb gewisser Verhältnisse bleiben muß und sowohl oben als unten mit der äußeren Luft communicirt. Die Luftsäule, welche das Innere der Esse einnimmt, wird von einer äußern Säule desselben Umfangs im Gleichgewicht erhalten, ein Zustand, der aber von dem Augenblicke an aufhört, wo das Feuer auf die innere erwärmend einwirkt, diese ausdehnt und specifisch leichter macht. Das Gleichgewicht ist gestört, die äußere Luft sucht in den Raum, welchen die nunmehr aufsteigende innere verläßt, nach zu fallen, dort angekommen, sich ebenfalls zu erwärmen, einer neuen Quantität kalter Luft Platz zu machen u. s. f.; es wird mit einem Wort ein Luftzug entstehen, welcher so lange dauert, als die Verbrennung. Das Uebergewicht der äußern Luft

wächst und fällt mit der Höhe der Esse und der Temperatur in derselben. Bekanntlich wird die Luft bei je 10°C. , um welchen sie erwärmt wird, zugleich um $\frac{1}{274}$ ihres vorigen Volums ausgedehnt; in einem Kanale von gleichbleibendem Querschnitt wird aber eben dieses geradezu durch die Höhe gemessen. Bezeichnet h die Höhe des Schornsteins, t den Temperaturunterschied der äußern und innern Luft, so hat man $h - \frac{h t}{274} = h \left(1 - \frac{t}{274} \right) = h'$ für die Höhe der inneren Luftsäule, welche sie bei der Temperatur der äußern einnehmen würde. Die erstere ist also gleichsam um $h - h'$ oder $h - h \left(1 - \frac{t}{274} \right) = \frac{h t}{274}$ kürzer, als die letztere, ein Höhenunterschied, welcher von dieser durchfallen werden muß, um in die Esse einzustreichen. Die Geschwindigkeit, welche sie nach Beendigung des Falles erlangt hat, ist nun überhaupt diejenige, womit sich die Luft in der Esse bewegt, und nach dem Gesetz des freien Falles doppelt so groß, als die während des Falles erfolgte Beschleunigung *). Für den vorliegenden Fall, wo $s = \frac{h t}{274}$ ist, hat man daher $c = 2 \sqrt{g \frac{h t}{274}}$ für die Geschwindigkeit, welche der Theorie nach erfolgen mußte. Die gegebene Formel beruht aber auf Voraussetzungen, welche in der Praxis niemals stattfinden, und die Erfahrung hat gelehrt, daß die wirkliche Geschwindigkeit in einer Esse, wegen Unregelmäßigkeit der Wände, gehemmten Eintritts der Luft durch Rost und Brennstoff, veränderter chemischer Beschaffenheit derselben u. s. f. so sehr hinter der theoretischen Berechnung zurückbleibt, daß diese letztere zur Berechnung der ersten nicht unmittelbar benutzt werden kann.

Zum Theil lassen sich die angeführten Umstände in Berechnung ziehen, so weit wenigstens, als es zum Verständniß der Art ihrer Einwirkung erforderlich ist. Als wesentlichstes Hinderniß ist die Reibung anzusehen, welche der Luftstrom an der innern Essenfläche erfährt; sie besteht darin, daß die Kraft des Luftstroms bei seinem Anprallen an die hervorragenden Theile der rauhen Fläche theilweise gebrochen wird und daher wachsen muß mit der Anzahl dieser Theile, d. i. der Länge des Schornsteins und der Gewalt, mit welcher das Anprallen geschieht, d. i. der Geschwindigkeit des Zugs und hängt endlich von der Natur des Materials ab, woraus die Esse besteht. Gewöhnliche Mauer mit Kalkmörtelverputz bietet ungleich mehr Reibung, als Gußeisen oder Blech. Begreiflicher Weise wird ein enger Schornstein unter gleichen Verhältnissen ungünstiger wirken, als ein weiter, weil bei dem letztern bei weitem der größere Theil der Luftmasse durch den Kern des Kamins geht und die Wand nicht berührt. In einem ganz engen Kanal wird zuletzt jedes Lufttheilchen daran anstoßen. Allgemein also fällt der Einfluß der Reibung mit dem wachsenden Durchmesser. Die Erfahrung hat gezeigt, daß

*) Bezeichnet g den Raum, welcher in der Secunde durchfallen wird ($= 15'$ Par. $= 20,226'$ hess.), t die Dauer des Falles in Secunden, s den Raum, welcher in der Zeit t durchfallen wird, und c die dadurch erlangte Geschwindigkeit, so ergibt sich $c = 2gt$. Weil ferner der durchfallene Raum dem Quadrate der dabei verfloßenen Zeit proportional ist, oder $s = gt^2$, folgt $t = \sqrt{\frac{s}{g}}$ und daraus $c = 2g \sqrt{\frac{s}{g}} = 2\sqrt{gs}$.

Von der
Heizung.

die wirkliche Geschwindigkeit des Zugs, selbst nach Berücksichtigung der genannten Einflüsse, deren Größe man durch Versuche festgestellt hat, noch immer merklich geringer ist, als die Berechnung ergibt. Es erklärt sich dies aus der Mitwirkung von Zufälligkeiten, wie z. B. nachlässigem Bewurf, Anhäufen von Ruß, Verlegung des Rostes durch Asche und Brennstoff u. welche in der Praxis stets mehr oder weniger vorhanden sind. Da man in der Vergrößerung des Durchmessers und der Temperatur des Schornsteins Mittel hat, die vorhandene Reibung zum Theil aufzuheben, so ist es interessant zu wissen, wie weit diese in der Praxis zulässig sind. — Zunächst ist nach dem Obigen einleuchtend, daß die Nachtheile, welche aus der Erhöhung der Schornsteine folgen, durch deren gleichzeitige Erweiterung ausgeglichen werden können, aber die Rechnung weist aus, daß dieser Vortheil aufhört, wenn die Höhe das 30 bis 40fache des Durchmessers der (runden) Esse beträgt, also sehr früh. Durch ein sinnreiches Mittel ist man im Stande gewesen, diese enge Grenze zu überschreiten. Es besteht darin, daß man die Esse bei gleichbleibender Einmündung für ihre übrige Länge plötzlich einen viel größern Durchmesser annehmen läßt. Dadurch wird die nöthige Luftmenge nach wie vor mit gleicher Schnelligkeit durch Rost und Brennmaterial einströmen, — und dies ist ja der wahre praktische Zweck des Zugs — um sich aber sogleich in dem weitem Kanal auszubreiten und in Folge dessen auch ebenso viel mal langsamer durchzuströmen, was nach oben nicht anders geschehen kann, als unter einer mit der Geschwindigkeit verminderten Reibung. Der Berechnung nach ist der höchste Vortheil ungefähr dann, wenn die Weite der Einflußmündung $\frac{1}{4}$ von der des Schornsteins ist, denn man begreift sogleich, daß mit der Erweiterung desselben die Masse der Wände und damit die Größe der Abkühlung wächst, welche sie bewirken. Es giebt also dabei einen Punkt, wo der Vortheil der verminderten Reibung und der Nachtheil der Abkühlung einander aufheben. — Nach dem Princip der Essen muß der Zug darin in dem Maße zunehmen, als die Temperatur im Innern die äußere überwiegt; dies geschieht übrigens nur in geringerem Verhältniß (der Quadratwurzel nämlich), als dem der Temperaturerhöhung, so daß über 250° hinaus keine Zugvermehrung mehr folgt, wenn die Höhe der Esse das 20fache seiner Weite ist. Wenn ein Theil des Kamins geneigt oder horizontal läuft, so hat dies an und für sich keinen großen Einfluß, wenn dadurch die Gesamthöhe nicht beeinträchtigt wird, doch darf nicht übersehen werden, daß sowohl die Reibung als Abkühlung um einiges vermehrt werden. Verengerungen hinter der Einflußmündung sind dagegen sorgfältig zu vermeiden. Endlich verdient bemerkt zu werden, daß der Einfluß des Windes in der Regel störend wirkt und schwerer zu umgehen ist; es kann dies nur so geschehen, daß man den Schornstein, mithin den Zug, so viel erhöht, daß diese Störung überwunden wird, oder dadurch, daß an der Mündung desselben besondere Vorrichtungen angebracht werden, welche dieselbe auf eine gewisse Höhe vom Druck desselben frei halten. Der Umstand, daß die Sonnenstrahlen, wenn sie zu gewissen Zeiten in den Kamin einfallen, den Zug hemmen oder »den Rauch zurückdrücken« ist nicht genügend erklärt.

Der wichtigste Theil des Feuerraums ist die Unterlage für den Brennstoff; insofern dieselbe durchbrochen ist, um den Zutritt für die Luft zu vermitteln,

wird sie Rost genannt. Die Zwischenräume des Rostes sollen weit genug sein, um die Asche hindurch zu lassen, zugleich aber auch so eng sein, um die unverbrannten Kohlen zurückzuhalten; ferner bilden dieselben zusammen genommen die Eintrittsöffnung zur Esse. Wie daraus hervorgeht, ist die Gestalt der Roststäbe, so wie deren gegenseitiger Abstand von vielem Einfluß auf den Zug. Der Querschnitt der Stäbe muß stets von der Art sein, daß die Rostöffnungen sich nach unten erweitern; diese letzteren müssen streng genommen eine Oeffnung bilden, welche zu dem Querschnitt der Esse in dem oben abgeleiteten besten Verhältniß (1 zu 4) steht. Nun ist aber in der Ausübung ein großer, wechselnder, von der Form des Brennstoffs abhängender, nur durch Erfahrung zu ermittelnder Theil der Rostfläche wegen des ausliegenden Brennstoffs verschlossen und unwirksam. Nach der Erfahrung muß die Summe der Zwischenräume wenigstens 4mal so groß, als die aus dem Essenquerschnitt berechnete, also diesem gleich sein, um gehörig zu wirken, und hängt mithin von der Menge des Materials ab, welches der Feuerraum in einer gegebenen Zeit verbrennen soll. Je größer die Heizkraft eines Brennstoffs, um so weiter kann die lichte Rostfläche, je geringer, um so enger kann dieselbe sein. Bei Holz kann der Rost zuweilen gänzlich wegleiben, um durch eine in der Heizthüre angebrachte Oeffnung ersetzt zu werden. Die Form des Rostes ist weniger wesentlich, kann aber, wenn sie das regelmäßige Zusammensinken des Brennstoffs befördert, also vertieft, korbförmig u. ist, den Erfolg der Heizung merklich unterstützen.

Um die Natur der verschiedenen Heizeinrichtungen besser einzusehen, ist es von den Heizeinrichtungen insbesondere. nothwendig, sich daran zu erinnern, daß die aus einem Brennstoff entwickelte Wärme auf zweierlei Weise auf die Umgebung übertragen wird, nämlich durch Strahlung und durch unmittelbare Berührung. Peclet hat mittelst eines sinnreichen Apparates diese Verhältnisse untersucht, indem er den in einem runden Drahtkorb eingeschlossenen Brennstoff mit einem ringförmigen Gefäße in der Art umgab, daß die bekannte in diesem enthaltene Wassermenge einzig und allein durch Strahlung von der Oberfläche des kugelförmigen Korbes aus erwärmt werden konnte. Durch Vergleichung der Größe der strahlenden Oberfläche mit der Menge und Temperatur des erwärmten Wassers fand sich, daß die strahlende Wärme beim Holz $\frac{1}{4}$, bei der Holzkohle $\frac{1}{2}$, bei der Steinkohle ungefähr ebenso viel und beim Torf und der Torfkohle $\frac{5}{12}$ der ganzen entwickelten Wärmemenge beträgt. Immer ist also die strahlende Wärme so ziemlich der kleinere Theil und schon darum sind die Einrichtungen, welche nur vermittelst dieser die Erwärmung der Zimmerluft bewerkstelligen, sehr unvortheilhaft. Dessenungeachtet gehören diese Einrichtungen, welche man *Kamine* nennt zu den Die Kamine. ältesten und sind noch jetzt in Frankreich und England die gewöhnlichen. Die Esse geht wie gewöhnlich in das Zimmer und breitet sich an dem untern Theile in der Höhe von einigen Fuß zu einer vorn offenen Nische aus, auf deren Boden sich eine Art Korb oder Rost für den Brennstoff befindet in der Art, daß das Feuer eigentlich frei im Zimmer brennt aber dabei der Rauch seinen Abzug findet. Die Luft strömt also aus dem Zimmer nach dem Feuer, erwärmt sich dort und entweicht alsdann — darin liegt der große Nachtheil — unmittelbar in die Esse, ohne

Die Kamine. irgend eine Gelegenheit, einen Theil ihrer Wärme vorher nutzbar abzugeben. Dazu kommt noch, daß die Masse der zuströmenden Luft bei einem freien Feuer nicht geregelt werden kann und mithin eine beträchtliche Menge der bereits erwärmten Zimmerluft durch den Zug unnützer Weise weggerafft wird. Der einzige Weg, welcher dem Feuer offen steht, seine Hitze an diese abzugeben, ist demnach die Strahlung. Alle an den Kaminen durch Rumford u. A. angebrachte Verbesserungen haben daher theils zum Zwecke, die Strahlung nach dem Zimmer möglichst zu erleichtern, theils die Wärme der entweichenden Zugluft, so weit dadurch der nöthige Zug nicht leidet, dahin nutzbar abzuleiten, und sind endlich darauf berechnet, denselben zu regeln. Zu dem Ende hat man den Kofstorb, worin das Brennmaterial enthalten ist, so viel als möglich von der Kaminwand nach vorn gerückt und die Nische desselben so gestaltet, daß deren innere Fläche, gleichsam wie der Reflector einer Laterne, die Wärmestrahlen auffängt und nach dem Zimmer sendet; man hat ferner die Kaminöffnung verengert und mit Schiebern versehen und dadurch einen Verlust an Wärme verringert, der dessenungeachtet noch viel größer bleibt, als bei den übrigen Heizapparaten. Der zuletzt angeführte Zweck hat zur Construction einer Einrichtung Veranlassung gegeben, welche den Vortheil der Kamine mit dem der Defen vereinigt und darum *Defen-Kamine* genannt werden. Bei einem solchen, von Desarnod erfunden, steht das Kamin nicht mehr in der Wand, sondern vorgerückt und isolirt im Zimmer, ist aber dabei von hinten — anstatt früher durch die Zimmerwand — nunmehr durch eine Eisenplatte geschlossen, über welche hinweg der Rauch durch einen Schlitze nach einer Circulation und von da in die Esse entweicht. Hierbei geschieht die Erwärmung des Zimmers neben der Strahlung vorzugsweise durch unmittelbare Einwirkung der erhitzten Eisenplatte und Circulation auf die Zimmerluft. — Die vollkommene Circulation, welche die Kamine hervorbringen, so wie die unbestreitbar große Annehmlichkeit, das Feuer zu sehen, sind hinreichende Vortheile, um diese Form der Heizung in einem Lande wie England, wo es weder so strenge Winter noch so heiße Sommer giebt, als auf dem Continent, in Aufnahme zu erhalten.

Von den
Defen.

Die Einrichtung, bei welcher die Verbrennung zwar im Zimmer, aber in einem (die Zugöffnung abgerechnet) verschlossenen Raume vor sich geht und die entwickelte Wärme zunächst an dessen Wände und von da an die Zimmerluft übertragen wird, umfaßt die verschiedenen *Zimmeröfen*. Während bei den Kaminen die Heizung von dem Feuerraume ausgeht und ein eigentlicher Heizraum gar nicht vorhanden ist, so spielt dieser bei den Defen die wichtigste Rolle und ist in der Regel der ausgedehnteste Theil derselben. Meist wird die Communication zwischen der Esse und dem Heizraum durch eisenblecherne Rauchröhren vermittelt, welche als ein nicht weniger wesentlicher Theil der Defen zu betrachten sind. In der Mehrzahl der Wohnungen sind nämlich die Schornsteine so weit gehalten, daß sie zum Behufe ihrer Reinigung von einem Mann durchfahren werden können; in Folge dieser Ueberschreitung der richtigen Dimensionen dient die Esse nur noch zum Rauchableiter und hört beinahe gänzlich auf, den Zug zu erregen, eine Function, welche die Rauchröhre übernimmt. Im Zimmer selbst aufsteigend und rings von Zimmerluft umgeben sie ist aber zugleich als Verlängerung des Heizraums zu betrachten und unterstützt die Leistung desselben zu einem bedeutenden Theil. Zu den oben

(Seite 66) für die Einrichtung des Heizraums gegebenen Bedingungen kommt für die Defen insbesondere noch das richtige Verhältniß des Heizraums zur Menge des Brennstoffs hinzu, welche der gegebene Rauminhalt des Zimmers nebst darin stattfindendem Wärmeverlust und der Ventilation erheischt. Der Heizraum muß hinreichend Oberfläche besitzen, um die empfangene Wärme in einer gegebenen Zeit in dem Maße nach außen zu verbreiten, als sie durch die bekannten Ursachen fortwährend verloren geht, vorausgesetzt daß die Menge des verwendeten Brennstoffs richtig abgeglichen ist. Die Materialien, welche zur Construction von Defen benutzt werden, sind Gußeisen, Schwarzblech und gebrannter Thon (Backsteine, Faience): es ist darum nothwendig, den Grad ihrer Fähigkeit zu kennen, mit welcher sie die empfangene Wärme fortzupflanzen vermögen, von der man aus der täglichen Erfahrung weiß, daß sie bei dem Eisen ungleich größer ist, als bei dem Thon. Diese Fähigkeit hängt aber in der That von zwei Dingen ab und zwar zunächst von der Leitungsfähigkeit, welche beim Thon nach Desprez nahe 33 mal geringer ist*). Die Wärme soll aber nicht allein durch die Masse des Heizraums von Theilchen zu Theilchen, sondern auch von dessen Oberfläche an die Luft fortgepflanzt werden, was theils durch die vorhandene Berührung mit derselben, theils aber auch durch Strahlung geschieht, wozu die verschiedenen Oberflächen sehr ungleich geeignet sind. Beides zusammengenommen geschieht diese Fortpflanzung oder Mittheilung der Wärme von der Oberfläche an die Luft nach Peclet beim Eisenblech 1,21mal, beim Gußeisen 2mal rascher, als beim Thon, so daß überhaupt unter gleichen Umständen das Eisen in derselben Zeit $33\frac{1}{2} = 16,5$ mal und das Blech $33\frac{1}{1,21} = 27,5$ mal mehr Wärme abgeben, als der Thon. In der Praxis muß also für gleichen Effect der Heizraum aus Thon 27,5mal so groß, als ein blecherner, oder 16,5mal so groß, als ein gußeiserner sein. Eisernen Defen heizen darum rasch und erkalten schnell, thönerne umgekehrt; stets muß der Zweck über die Wahl entscheiden. Wenn die Brennstoffe mit derjenigen Lebhaftigkeit verbrennen, welche zur vollständigen Entwicklung der Wärme nothwendig ist, so geschieht diese letztere viel rascher und intensiver, als es für den Zweck der Zimmerheizung paßt, welche eine anhaltend gleichbleibende Temperatur, d. h. eine zwar vollständige, aber so langsam vor sich gehende Entwicklung der Wärme erheischt, daß dadurch möglichst lange auf die Zimmerluft eine Temperatur von etwa 20° hervorgebracht wird. Wie begreiflich ist das Eisen nicht das Material, welches besonders dazu geeignet ist, diesen Uebelstand auszugleichen, weil es die Wärme fast ebenso schnell verbreitet, als empfängt. Dagegen gewährt der Thon aus den entgegengesetzten Ursachen darin einen entschiedenen Vortheil: so rasch ihm auch die Wärme von innen zufließen mag, stets wird er sie ungleich langsamer und allmählig abgeben. Insofern während der Wirkung des Brennstoffs stets mehr Wärme vom Thon aufgenommen, als abgegeben wird, findet so zu sagen eine Art von Aufspeicherung Statt, welche sich als eine ebenso vortheilhafte

*) Peclet hat dieses Verhältniß durch neuere Versuche bestätigt, wornach die Wärmemengen, welche Platten von 1 D. Metr. Fläche und 1 mm. Dicke bei einer Temperaturdifferenz von 1° C. durch sich hindurchlassen, bei Thon und Eisen im Verhältniß von $0,24 : 7,95 = 1 : 33,1$ stehen.

als annehmliche Regulirung der Verbrennung zu erkennen giebt. Man unterscheidet daher, den bei uns gewöhnlicheren eisernen Leitungsöfen gegenüber — deren häufige Anwendung auf ihrer Wohlfeilheit, einem bleibenden Materialwerthe und der Leichtigkeit beruht, mit welcher sie fabrikmäßig angefertigt werden können — sogenannte Massenöfen, bei welchen die Erwärmung nicht durch die Wände thönerner oder eiserner Kanäle oder beider zugleich geschieht, sondern wesentlich darin besteht, daß die Hitze von einer größern soliden Steinmasse während der Verbrennung aufgesammelt und von da nach dem Erlöschen des Feuers langsam und gleichmäßig ausströmt. Aus der gegebenen Menge Luft ($= A$), welche der Ofen stündlich zum Ersatz der Abkühlung und Ventilation (auf t^0) erwärmen muß, läßt sich leicht die erforderliche Thonmasse nach Cubikfuß berechnen. Im Mittel wiegen 1 C. F. gebrannter Thon 62 Pfd., 1 C. F. Luft von 20^0 C. 0,037 Pfd., also bei gleichem Umfange 1680 mal weniger, auch bringt dieselbe Wärmemenge gleiche Temperatur in gleichen Massen beider Körper hervor (die spezifische Wärme der Luft und des Thons sind nahe $\frac{1}{4}$ des Wassers). Daher wird die Wärme, welche nöthig ist, um 1680 C. F. Luft auf die gewünschte Zimmertemperatur oder t^0 über die äußere zu erwärmen, hinreichend sein, denselben Effect bei 1 C. F. Thon hervorzubringen. Letzterer wird aber durch die Wirkung des Feuers weit heißer und erwärmt die Zimmerluft dadurch, daß er vom vorhergehenden Nachschüren zum andern von dem Maximum der erlangten Hitze $= T^0$ bis auf eine Temperatur t^0 erkaltet, welche noch merklich höher ist, als t^0 . Die durch das Erkalten abgegebene Wärme wird ein im Verhältniß von $t^0 : (T - t)^0$ größeres Volum Luft auf t^0 erwärmen, woraus sich denn
$$Q = \frac{A t^0}{(T - t)^0} 1680$$
 als das der zu erwärmenden Luftmasse

entsprechende Thonvolum ergibt. — In unseren Gegenden und dem größern Theile von Deutschland sind die Leitungsöfen, dagegen im Norden (Schweden, Rußland) die Massenöfen gebräuchlicher. —

Die Kanal-
heizung.

Ein besonderer Fall und zwar der älteste der ganzen Heizung, welchen schon die Römer für ihre Bäder und den man noch jetzt bei Treibhäusern und ähnlichen Einrichtungen anwendet, ist die Kanalheizung. Die in einem außer- und unterhalb gelegenen Feuerherde erzeugten heißen Gase und Rauch werden durch ein System von Kanälen unter dem Fußboden hergeführt, wo sie ihre Wärme an das Lokal abgeben, um dann in den Schornstein zu entweichen. Leider ist diese Heizungsart, unstreitig für Wohnzimmer die geeignetste, höchstens nur im untern Geschoß eines Hauses anzubringen und da mit Schwierigkeit. Es versteht sich von selbst, daß bei jeder Benutzungsweise der Kanalheizung darauf Rücksicht genommen werden muß, daß die Ableitung der Wärme nach unten, etwa durch eine Lage Schutt oder dergleichen, so nahe wie möglich null wird. — Die Kanalheizung ist von den Stubenöfen nur durch die Lage gegen das Zimmer verschieden; insofern der Feuerraum nämlich tiefer als dieses liegt, läßt sich das Rauchrohr — von dem die Kanäle nicht verschieden sind — in den Fußboden verlegen, als an einen Ort, von wo aus die Heizung zweckmäßiger von Statten geht. Nur darin wird der Ofen der Kanalheizung bestimmt vom Stubenofen verschieden sein, daß jenem, oder vielmehr seinem Heizraum, die Ableitung der

Wärme an die Umgebung so vollständig als möglich vermieden werden muß, weil dieselbe begreiflicher Weise erst später in den Kanälen mit Vortheil geschehen kann.

Für die Fälle, wo man, sei es wegen der Eleganz, wegen der Sicherheit (Gefängnisse etc.) oder aus Gründen der Raumerparniß, den Ofen aus dem Bereiche des Zimmers zu verbannen wünscht, hat man den Weg eingeschlagen, die Erwärmung des erforderlichen Luftquantums an einem besondern Orte in den tiefer gelegenen Theilen des Hauses vorzunehmen, um dasselbe durch Röhren in die verschiedenen Zimmer zu vertheilen. Sehr unpassend hat man diesem System den Namen der Luftheizung gegeben, eine Benennung, welche strenggenommen keinen einzigen Fall der Zimmerheizung ausschließt. Wie von selbst einleuchtet, muß die im Zimmer enthaltene Luft auf irgend eine Weise im Stande sein, der einströmenden warmen Raum zu geben. Entweder hat man nun dafür keine weitere Sorge getragen und die nachströmende Luft verdrängt die vorhandene durch die Ritzen der Fenster etc. und die hier und da sich öffnenden Thüren; oder man leitet die verbrauchte zum Theil abgekühlte Luft nach dem Ofen zurück, wo sie aufs neue erwärmt ihren Weg wiederholt; oder es wird endlich die Luft des Zimmers wieder nach dem Ofen geleitet, nicht um wieder erwärmt, sondern um zur Speisung des Brennmaterials im Innern des Ofens verwendet zu werden. Der zweite Fall verbindet mit dem großen Nachtheil der mangelnden Ventilation, welche nur durch zufällig sich bildende Auswege der Thüren und Fenster stattfinden kann, eine gewisse Dekonomie der erwärmten Luft, aber nur scheinbar, denn je vollkommener der Verschuß des Zimmers, um so eher wird es nothwendig, die verdorbene Luft wegzunehmen und ein neues Quantum in Circulation zu setzen. Bei der letzten Methode wird insofern eine Ersparniß bezweckt, als das Feuer nicht mit kalter Luft von außen, sondern wärmerer Luft aus dem Zimmer ernährt wird. Wenn 1 Pfd. lufttrockenes Holz 5 Pfd. = 123 G. F. Luft von 0° zum Verbrennen bedarf, wenn ferner nach Rumford dadurch 26 Pfd. Wasser auf 100°, oder $4 \times 26 = 104$ Pfd. Luft auf 100° oder $\frac{100 \times 104}{20} = 520$ Pfd. Luft auf 20° erwärmt werden, so wird die Tempe-

ratur von 20° (anstatt 0°), womit im vorliegenden Fall und beispielsweise die 5 Pfd. Luft dem Feuer zufließen, einem Aufwand von $\frac{1 \times 5}{520} =$ nahe 0,01

Pfd. Holz entsprechen, welcher vermieden wird. Diese Ersparniß von 1 % oder etwas mehr, wenn die Zimmertemperatur 20° übersteigt, ist zu gering, um besondere Einrichtungen zu lohnen, woher es dann kommt, daß man in der Praxis die beiden letzten Methoden am besten verbindet. Es kann dann die Luft, welche einige Zeit circulirt hat, nach Belieben in den Feuerheerd gelassen und durch frische Luft von außen her ersetzt werden, deren Erwärmung dann gerade so viel kostet, als durch die Benutzung jener zur Speisung des Feuers erspart wird. — Vorausgesetzt, daß in einem Zimmer durch Thüren und Fenster hinreichender Luftwechsel stattfinden kann, so wird die erste Methode einen natürlichen sehr wesentlichen Vortheil dadurch mit sich bringen, daß die einströmende Luft, die vorhandene unaufhörlich nach außen verdrängend, dadurch im Zimmer einen Zustand herbeiführen wird, in welchem die Tendenz der äußern kalten Luft,

durch die Rigen einzudringen, vollkommen aufhört und alle damit zusammenhängende Unannehmlichkeiten und Nachtheile verschwinden. Ganz sicher wird der Verlust, der aus der Speisung des Feuers mit kalter Luft hervorgeht, dadurch bedeutend aufgewogen. —

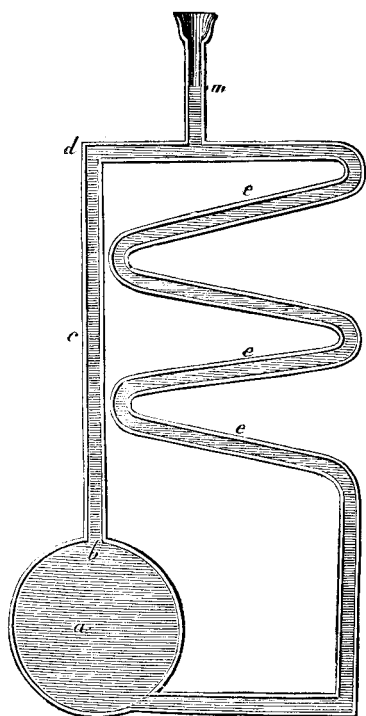
Für Gebäude, worin die Zimmer unregelmäßig geheizt werden, bald in größerer, bald in geringerer Zahl, ist die Luftheizung unpassend, weil dadurch das richtige Verhältniß der Dimensionen des Ofens zum Bedürfniß an warmer Luft gestört wird. Im übrigen ist eine wesentliche Ersparniß damit verknüpft, denn die Zahl der Defen wird auf einen vermindert und der Brennstoff in diesem besser benützt, als wenn er in mehrere Defen vertheilt brennt; endlich wird der Vortheil einer gleichmäßigen, gleich vom Boden ausgehenden Heizung den durch die Röhrenleitung verursachten Wärmeverlust reichlich überwiegen.

Von der
Wasserheizung.

Wie aus dem Angeführten hervorgeht, besteht die Luftheizung darin, daß die Wärme von einer Centralfeuerung aus auf die Luft übertragen und diese alsdann an die verschiedenen Orte, Zimmer u. vertheilt wird. Anstatt die Luft unmittelbar zu erwärmen, hat man in vielen Fällen einen Zwischenkörper, nämlich das Wasser gewählt, welches auf ähnliche Weise die Wärme von der Centralfeuerung empfängt und nach den einzelnen Theilen des Gebäudes geleitet, wieder abgibt. Es dient also das Wasser lediglich dazu, um die Wärme zu transportiren, als ein Träger derselben, und ist in der That wegen seiner großen specifischen Wärme dazu in hohem Grade geeignet. Nach Delaroché und Berard verhalten sich nun die Wärmemengen in 1 Gewichtstheil Wasser und 1 Gewichtstheil Luft von gleicher Temperatur, wie 374,6 : 100; oder die Wärme, welche beim Erkalten von Wasser um 100° z. B. frei wird, vermag die Temperatur von 3,74mal soviel Luft um ebensoviele Grade zu erhöhen. Es ist also hier ein ähnliches Verhältniß, wie bei dem Thon; die Wärme, welche ein gegebenes Luftquantum erfordert, kann in einem verhältnißmäßig viel kleinerem Quantum Wasser Raum finden und gleichsam darin aufgespeichert werden. Noch vielmehr findet dies dann Statt, wenn das Wasser in Dampfgestalt zum Transportiren der Wärme dient, denn bei seinem Uebergange in Gas- (Dampf-) Form verschluckt das Wasser eine 5,5mal (Element) größere Wärmequantität, als die zu seiner Erwärmung von 0° — 100° C. erforderliche, eine Wärmequantität, welche im Dampfe keine Temperaturerhöhung hervorbringt, durch das Thermometer nicht nachgewiesen werden kann und erst bei seiner Verdichtung wieder in gewöhnlicher Weise auftritt. Demnach wird 1 Pfd. Dampf von 100° bei seiner Verdichtung zu siedendem Wasser so viel Wärme abgeben, daß damit 5,5 Pfd. Wasser oder $3,746 \times 5,5 = 20,6$ Pfd. Luft auf 100° oder 103 Pfd. auf 20° gebracht werden können. — Beiderlei Benutzungen des Wassers finden ihre Anwendung; die des warmen Wassers wird die Wasserheizung, die des Dampfs die Dampfheizung genannt.

Der Natur der Sache nach muß das warme Wasser im Maaß des für ein Zimmer erforderlichen Wärmeersatzes erneuert werden, d. h. es muß dasselbe, wenn man sich nicht auf eine mühsame Auswechselung einlassen will, in dem Zimmer so circuliren, daß der erkaltete Theil abfließt und neuerwärmtes ununterbrochen zufließt. Das Princip dieser Circulation erhellt aus der Fig. 11.

Fig. 11.



Die Erwärmung des Wassers im Gefäße *A* wird sich zunächst, wenn sie vom Boden aus geschieht, auf die unteren Wasserschichten erstrecken, diese ausdehnen, specifisch leichter machen und dadurch nöthigen, nach den höchstgelegenen Theilen des Apparates, also anfangs nach *b*, von da in das Rohr *C* und endlich auf die Höhe *d* emporzusteigen. In demselben Verhältniß wird aber das kalte Wasser in *e* nachfließen müssen, wenn unten keine Leere entstehen soll; ein Spiel, was ebenso lange dauert, als noch Temperaturunterschied in den verschiedenen Theilen des Wassers vorhanden ist, oder niemals aufhört, wenn das aufsteigende warme Wasser unterwegs abgekühlt und der Temperaturunterschied dadurch forterhalten wird. Wie man leicht einsieht, kann A ebenso gut ein offenes Gefäß sein, in welches die Enden des Rohrs eintauchen wie ein Heber, nur würde seitwärts zu viel Wärme unbenutzt bleiben. Die Wärme selbst dient also als bewegende Kraft der Circulation, welche um so rascher stattfinden

wird, je weniger Abkühlung und Hindernisse den aufsteigenden Strom hemmen. In der Praxis, z. B. in England, wo die Wasserheizung durch Perkins viel verbreitet wurde, dienen entweder geschlossene Kessel, welche nach Art der Dampfkessel geheizt werden, oder die Röhren sind ohne Kessel in vielfachen Windungen im Ofen selbst eingelassen. Die Dimensionen des Herdes und der Leitung müssen so abgeglichen sein, d. h. die Abkühlung so rasch erfolgen, daß kein Dampf gebildet werden kann. Zur Vermeidung der Gefahr einer Explosion bei unvorhergesehener Bildung desselben, durch Ueberheizung etwa, müssen Sicherheitsventile, so wie wegen des Zerspringens der Röhren durch die Ausdehnung und Zusammenziehung der Metallmasse Compensationsstücke eingesetzt sein. Die letzteren bestehen darin, daß man zwei beliebige Enden nicht durch Schrauben, sondern dadurch vereinigt, daß das dünnere, durch eine Stopföhse eingefügt, Verschiebbarkeit bei wasserdichtem Verschuß gewährt. Auch dürfen an dem Gipfel der Leitung Röhren nicht fehlen, welche, wie *m* z. B. die Luft auslassen, welche sich aus dem heißen Wasser entwickelt.

Die Quantität Wasser, welche per Minute von dem Apparate nach den zu heizenden Räumen geliefert werden muß, kann leicht auf folgende Weise bestimmt werden. Ist *A* die Luft in *C. F.* und um 1° wärmer als die äußere, welche in der Minute verloren geht und ersetzt werden muß, ist ferner 1 *C. F.* Wasser 770mal schwerer als 1 *C. F.* Luft, so entsprechen $A \text{ C. F. Luft}$
 $\frac{A}{770} \text{ C. F. Wasser}$ dem Gewichte nach; aber die Wärme, welche jene (*A*) auf 1°

Von der
Wasserheizung

Von der
Wasserheizung.

brachte, vermag nur nahe den vierten Theil von diesen $\left(\frac{A}{770}\right)$, oder genauer

$\frac{A}{3,746 \times 770}$ ebenso weit zu erwärmen; es werden mit anderen Worten

$\frac{A}{3,746 \times 770}$ C. F. Wasser beim Erkalten um t^0 , gerade A C. F. Luft um ebenso viel erwärmen. Das Wasser in den Röhren hat aber nahe 100^0 und giebt davon $60^0 - 70^0$ ab oder erkaltet allgemein um $(T - t')^0$, darum wird man auch um ebenso viel Wasser weniger bedürfen, als $(T - t')^0$, höher ist, als t^0 ,

nämlich: $\frac{A t^0}{3,746 \times 770 (T - t')^0} = \frac{A t^0}{2884,4 (T - t')^0} = Q \text{ C. F.} =$

$Q 31 \frac{1}{4}$ Pfd. Wasser per Minute. Um die Leitung einer solchen Leistung anzupassen, ist die Kenntniß der Geschwindigkeit nöthig, mit welcher das Wasser sich in Röhren bewegt. Sie wird im Wesentlichen gerade so bestimmt, wie der Zug der Röhre, nur daß die Reibung des Wassers, als von der der Luft verschieden, eine besondere Berücksichtigung erfahren muß. Die Geschwindigkeit führt mit Q zusammen auf den Durchmesser der Röhren und letzteres auf die Dimensionen der Feuerung. Das Steigrohr sucht man durch Umgeben mit schlecht leitenden Substanzen vor Abkühlung möglichst zu bewahren und ohne Biegung zu erhalten, dem Fallrohr dagegen alle Gelegenheit einzuräumen, wobei es Wärme an die Zimmerluft abgeben kann. Wenn die Heizung sich auf sehr ausgedehnte Räume erstreckt, so wird das Wasser in den hinteren Zimmern zu kalt ankommen; man thut dann gut, jede Hälfte des Raums durch eine besondere Leitung zu speisen.

Der Dampf gewährt in seiner Anwendung eine höhere Wirkung, als das Wasser; man braucht davon weniger. Da $24,6$ C. F. Luft von 0^0 1 Pfd.

ausmachen, so werden A C. F. des obigen Ausdrucks $\frac{A}{24,6}$ Pfd. wiegen und durch

Verdichtung von $\frac{A}{24,6 \times 3,746 \times 5,5}$ Pfd. Dampf von 100^0 zu siedendem

Wasser auf diese Temperatur (v. 100^0), folglich auch von $\frac{A t^0}{24,6 \times 3,746 \times 5,5 \times 100}$

$= Q$ Pfd. Dampf auf t^0 höher, als die äußere Luft, gebracht werden. — Die Röhren, welche dazu bestimmt sind, den Dampf nach dem Orte seiner Verdichtung hinzuleiten, wählt man von engem Durchmesser (etwa $1,5$ Zoll) und umgiebt sie, um vor der Hand alle Verdichtung zu vermeiden, mit einer dicken Schicht von Sahlband oder ähnlichem Wollstoff; die Condensationsröhren dagegen sind wenigstens 4mal so weit, von Kupfer oder Gußeisen und müssen so eingerichtet sein, daß man die Luft bei dem Eintreten des Dampfes auslassen kann, welche sonst seiner raschen Verbreitung sehr hemmend entgegengetreten würde. Im Allgemeinen muß die Oberfläche dieser Röhren rau und matt sein, weshalb es gut ist, dem Kupfer durch einen Farbenanstrich oder dergleichen diejenige Beschaffenheit zu geben, welche dem Guß eigenthümlich ist. Um der Längenausdehnung derselben Spielraum zu geben, kann man entweder so verfahren, wie bei der Was-

ferheizung angeführt wurde, oder diesen Zweck noch einfacher dadurch erreichen, daß man in den geraden Verlauf der Röhre ein Bogenstück aus geschmeidigem Metall einschaltet, welches alsdann durch seine mehr oder weniger starke Biegung die Verlängerung ausgleicht. — Begreiflicher Weise wirken verschiedene Körper nach der Beschaffenheit ihrer Oberfläche sehr ungleich verdichtend auf den Dampf; Element fand, daß bei 15° der umgebenden Luft 1 Q. F. Oberfläche einer horizontalen gußeisernen Röhre 0,234, einer blanken kupfernen 0,184 und einer geschwärzten kupfernen 0,213 Pfd. Dampf zu verdichten vermöge, eine Quantität, welche bei senkrechter Richtung der Röhren etwas größer ist. Bei aller Abänderung in den Besonderheiten dieses Systems muß stets für die Ableitung des verdichteten Wassers gesorgt sein, welches man am besten in der Richtung des Dampfstroms nach besonderen Röhren fließen läßt, welche es in den Dampfkessel zurückleiten. Zuweilen läßt man absichtlich nach beendigter Circulation eine Quantität Wasser in den Röhren verweilen, um bei dessen Erkalten die Nachwirkung (ähnlich wie bei den Thonöfen) zu genießen. Für den Fall einer plötzlichen zufälligen und starken Verdichtung, welche das Wasser des Dampfkessels heraufsaugen würde, muß in der Gegend, wo der Dampf eintritt, ein Ventil angebracht sein, welches sich nach unten öffnet. — Die Luftheizung ist wegen des größern Umfangs der Kanäle einem größern Nebenverluste ausgesetzt, als die beiden letzten Methoden, welchen dagegen der Mangel an Ventilation zur Last fällt. Die Wasserheizung ist einfacher, leicht auf eine gegebene Temperatur zu reguliren und giebt an sich eine weniger gähe Hitze, als die Dampfheizung, welche dagegen auf weitere Strecken und Höhen benutzt werden kann, als sie der Druck der Wassersäulen für jene zulässig macht. Es versteht sich von selbst, daß die Heizröhren in beiden Fällen die Form beliebiger Verzierungen z. B. einer Säule oder eines Ofens annehmen können und dann mehr nach Art eines Ofens wirken.

Bereits oben wurde angedeutet, daß die Leistung der Brennstoffe in der Praxis bedeutend hinter derjenigen zurückbleibt, welche der Theorie nach erfolgen sollte. Die Ursachen davon sind theils mehr zufällige und äußere, theils aber auch in der Natur der Sache gelegen und darum schlechterdings unvermeidlich. Dahin gehört vor allen Dingen der Zug in den Raminen, zu dessen Erhaltung und Erregung stets ein Theil der erzeugten Wärme geopfert wird.

Nach Seite 58 erfordert 1 Pfd. trocknes Holz durchschnittlich 5,94 oder in runden Zahlen 6 Pfd. Luft von 0° ($= 148$ C. F.); gesetzt, diese entweichen mit 150° C. in die Esse, so wird die darin enthaltene Wärme ebenso groß sein, als diejenige (in 1 Pfd. Luft von $6 \times 150^{\circ} = 900^{\circ}$, oder) in 9 Pfd. Luft von 100° und mithin auch in $\frac{9}{3,746} = 2,4$ Pfd. Wasser von 100° . Nach

Schöddler und Petersen vermag nun 1 Pfd. trocknes Holz im Durchschnitt 40,6 Pfd. Wasser auf 100° zu erwärmen; der durch die Wirkung der Esse sich ergebende Verlust ist also $\frac{2,4}{40,6} = 0,06$ oder 6 % und wird um so größer sein, je wärmer die Luft durch die Esse entweicht.

Zudem ist die Verbrennung selbst in gut eingerichteten Ofen stets eine mehr oder weniger unvollkommene. In Folge einer zu starken Wärmeentziehung durch

Von dem
wirklichen
(praktischen)
Effekt der
Brennstoffe.

Von dem
wirklichen
(praktischen)
Effect der
Brennstoffe.

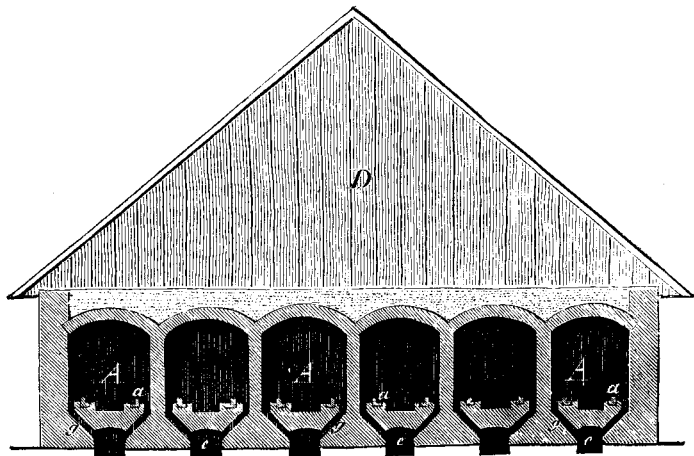
die Wände des Feuerraums, oder durch übertriebenen Luftzutritt — gering angeschlagen wenigstens doppelt so viel, als der Theorie nach nöthig wäre — in Folge, endlich eines zuweilen, durch vorübergehende Verstopfung des Rostes zc. eintretenden Mangels an Luft (Sauerstoff), ist einem Theile des Brennstoffs die Gelegenheit benommen, seine Elementarbestandtheile mit dem Sauerstoff zu verbinden, also Wärme zu entwickeln. Es bleibt denselben nichts übrig, als sich vermöge der umgebenden Hitze in verschiedene theils flüchtige, theils feste Verbindungen aufzulösen, welche von dem Zuge mit fortgerissen, in den entlegeneren Theilen des Ofens und in der Esse als Rauch auftreten. Der Rauch hat in allen seinen Bestandtheilen die Fähigkeit beibehalten, sich unter Entwicklung einer entsprechenden Menge Wärme, dem verloren gehenden Theile, mit Sauerstoff zu verbinden (zu verbrennen). Die Verbrennung im Feuerraum wird also durch diese Ursachen theilweise zu einer trocknen Destillation herabgestimmt; man sieht in der That anstatt Wasserdampf, Kohlensäure und Stickstoff (aus der Luft) allein, diese Gase stets mit Rauch entweichen, der sich nach Umständen entweder als trockener Ruß oder Glanzruß anlegt. Die sogenannten rauchverzehrenden Vorrichtungen an Defen bezwecken sämmtlich, obgleich meist mit geringem Erfolg, die Verbrennung dadurch nachträglich zu vollenden, daß man einen (heißen) Luftstrom mit dem Rauch zusammenführt. Schon die verdichtbaren Bestandtheile des Rauchs absorbiren (latente) Wärme zu ihrer Dampfbildung und noch mehr das durch die Verbrennung gebildete Wasser, welches größtentheils verloren geht. Viel größer ist aber der Schaden, welchen man durch das hygroskopische Wasser erleidet, von welchem die Brennstoffe in den wenigsten Fällen der Anwendung — bei der Zimmerheizung nie — befreit werden. Dieser Schaden ist ein doppelter, einmal weil das Wasser die Masse verringert, also 1 Etr. Holz z. B. nur gegen 80 Pfd. wirklichen Brennstoff enthält, außerdem aber noch durch Verschlucken von Wärme bei seinem Uebergange in Dampf. Darum sind Resultate der Rumford'schen Versuche (mit gewöhnlichem Holze) geringer, als die aus den Analysen (mit trockenem) berechneten; indessen muß man nicht vergessen, daß die Wärme des verdampften hygroskopischen Wassers, insofern dasselbe darin verdichtet wird, im Calorimeter nicht verloren geht, wie in der Praxis. Die Größe seines Einflusses ist leicht zu berechnen. Das Holz im gewöhnlichen Zustande, also lufttrocknes, enthält gegen $\frac{1}{3}$ Wasser und nur $\frac{2}{3}$ wirkame Theile; von 40,6 Pfd. Wasser, welche 1 Pfd. trocknes Holz auf 100° erwärmt, gehen schon dadurch $\frac{40,6}{5} = 8,1$ Pfd. verloren; außerdem verschluckt jedes $\frac{1}{3}$ Pfd. bei seiner Verdampfung noch so viel Wärme, als $\frac{1}{3} \times 5,5 = 1,1$ Pfd. Wasser von 100° entspricht. Im Ganzen geht demnach durch die Feuchtigkeit des Holzes $\frac{8,1 + 1,1}{40,6} = 22\frac{1}{2} \%$ der Wärme verloren.

Man sieht daraus sogleich, welchen Vortheil es gewährt, die Brennstoffe so trocken als möglich zu machen. Für die Zwecke des gewöhnlichen Lebens ist das künstliche Austrocknen des Holzes in der Regel zu kostspielig und nicht thunlich; in gewissen technischen Betrieben dagegen ist nur gedörrtes Holz anwendbar und die Einrichtungen, worin das Dörren im Großen geschieht, sind für Brennstoffe,

welche an einer bestimmten Stelle gewonnen werden, wie Torf u. a. darum sehr geeignet, weil die sonst werthlosen Abfälle an den Gruben zum Heizen der Darrren benutzt werden können. Die Fig. 12. ist der Durchschnitt eines in Frankreich

Von dem
wirklichen
(praktischen)
Effect der
Brennstoffe.

Fig. 12.



ursprünglich für Glashütten eingeführten (Holz-) Trockenofens für Brennstoffe. Der ganze vom Dach überspannte Raum ist ein längliches Viereck und umfaßt 6 einzeln überwölbte Gänge, *AAA* u. von 60 F. Länge, 6 F. Breite und 5 F. Höhe, welche als ebenso viele Defen zu betrachten und mit gesonderten Feuerungen *ccc* u. versehen sind. Eine jede Feuerung erstreckt sich unterhalb in die ganze Länge der Gewölbe *AA* und endigt zu beiden Enden in einen Kofst, von dem aus die entwickelte Hitze nach der Mitte geleitet, aber unterwegs der ganzen Länge nach an vielen Punkten durch die seitwärts angebrachten Kanäle *g g* frei in den Raum *A* entweicht. Diese doppelten Kanäle sind in der Gegend der Kofste (an den Enden also) in größeren Abständen, dagegen nach der Mitte mehr zusammenge- drängt, um die Hitze gleichförmiger zu vertheilen. Die Feuerungen *c c c* sind über den beiden Kofsten auf eine kurze Strecke überwölbt, weiterhin mit Eisen- platten und in der Mitte mit Blech bedeckt. Ueber diese dreifache Bedeckung weg läuft eine Eisenbahn, *a a a a*, von der Spurweite eiserner Karren, in denen der zu trocknende Brennstoff eingefahren und im Ofen gehalten wird. Die Eisen- platten und das Blech sollen das Feuer nur so weit abhalten, daß sich der In- halt der Karren nicht entzündet, der etwa zwei Stecken Holz beträgt. Jeder Raum *A* faßt 9 Karren, welche in 36 Stunden gedörrt sind.

Man hat im Gegensatz zu den vorstehenden Bemerkungen die Wirkung des Wassers bei dem brennenden Material als vortheilhaft angepriesen und nicht ganz ohne Grund. Nur ist genau zu unterscheiden, ob dasselbe flüssig oder als Dampf mit dem Brennstoffe in Berührung kommt. Aus den Versuchen von *Bun sen* und *F y f e* geht nun hervor, daß rothglühende Kohlen und Wasserdampf einander zu freiem Wasserstoff- und Kohlenoxydgas (und etwas Kohlenäure) zerlegen, welche beide, im Fall hinreichend Sauerstoff vorhanden, sogleich unter Entwicklung von Weiß-

Von dem
wirklichen
(physikalischen)
Effect der
Brennstoffe.

glühhiße zu Wasser und Kohlensäure verbrennen *); seine vielfältigen Beobachtungen zeigten ferner, daß der erlangte Mehrbetrag an entwickelter Wärme den zur Dampferzeugung erforderlichen Aufwand an Brennstoff überwiegt. Unter der Bedingung also, daß mit dem Dampf hinreichend Luft eintritt, um die entstandenen Gase zu verbrennen, ist seine Anwendung von Nutzen und veranlaßt bei der größern Hitze eine lebhaftere Flamme. Von dem Augenblicke an, wo der Dampfstrom das richtige Verhältniß überschreitet und der Luft dadurch den Weg zum Eintreten schmälert, sinkt die Temperatur rasch, bis zum Erlöschen des Feuers. Am zweckmäßigsten bringt man unter dem Rost ein Wasserbecken an, so daß die abwärts strahlende Wärme die Verdampfung ohne Kosten verrichtet. Bei Dampfmaschinen leitet man den schon benutzten Dampf, anstatt ihn zu verdichten, in die Gluth. — Zusatz von Wasser zum Brennstoff bewirkt durch den Act der Verdampfung desselben eine so große Herabstimmung der Temperatur, daß die Zersetzung des Wasserdampfs nicht mehr erfolgen kann. Es muß also schon von vornherein ein solches Verfahren, wie es besonders bei dem Brand mit Steinkohlen häufig vorkommt, als zweckwidrig angesehen werden, wie es auch praktische Versuche, u. a. die von der Kfrtr. Gesellschaft zur Beförderung der Künste u. mit diesem Brennstoff vorgenommenen, unwiderleglich beweisen. Die mäßige Befeuchtung des Kohlenkleins (Zettschrotes) hat übrigens das für sich, daß dadurch das Verstauben und allzuhäufige Durchfallen durch den Rost verhütet wird, indem sich die feuchte Löschc beim Trocknen zusammenballt und Halt gewinnt. Besser ist zu demselben Zweck ein Zusatz von etwa $\frac{1}{3}$ feuchtem Lehm, welcher die Masse der Kohlen überall durchsetzend der Luft eine größere Berührungsfläche verschafft und die aufgenommene Hitze (nach Art der Massenöfen) langsam, also auf eine nützlichere Weise ausgiebt. Die von der genannten Gesellschaft angestellten Versuche gaben in der That für den mit Lehm versetzten Kohlenruß einen größern Effect zu erkennen, als für den reinen.

Wenn feuchtes Holz an einem Orte aufgespeichert liegt, wo kein gehöriger Luftzug stattfindet, so tritt nach einiger Zeit eine chemische Veränderung ein, welche mit einer beinahe vollständigen Vernichtung seiner Brennkraft verknüpft ist und darum nähere Beachtung verdient. Bekanntlich verwandelt sich das abgestorbene Holz im Kern von alten Bäumen (wo zwar die Feuchtigkeit, nicht aber die Luft Zutritt hat) in eine weiße, mürbe, phosphorescirende Substanz, in »faules Holz«, welches angezündet, ähnlich wie in Humus verwandeltes Holz, ohne alle Flamme langsam wie Zunder mit geringer Wärmeentwicklung verglimmt. Dessenungeachtet hat sich bei dieser Vermoderung mehr das Gewicht, als das Verhältniß seiner Elemente geändert. Eine Probe davon enthielt z. B. 47 % Kohlen = und auf 6 % Wasserstoff nur 45,3 % Sauerstoff, also gegen das

*) 1 Gewichtstheil Kohle, im Dampfe anfangs zu Kohlenoxyd und dann zu Kohlensäure verbrennend, erwärmt dadurch 78,15 Wasser auf 100°; es werden dabei 0,1666 Gewichtstheile Wasserstoff ausgeschoben, welche bei ihrem Verbrennen weitere 39,5 Wasser erwärmen. Der Vortheil wäre also $= \frac{78,15}{78,15 + 39,5} = \frac{1}{3}$, vorausgesetzt, daß die Verbrennung der Kohle im Wasserdampf unter gleichen Wärmeerscheinungen vor sich ginge, wie in der Luft.

frische Holz einen Ueberschuß an jenem, welcher die Flammenverbrennung um so mehr erwarten läßt. Höchst wahrscheinlich ist der Wasserstoff darin größtentheils als Wasser, d. h. bereits verbrannt, enthalten, eine Voraussetzung, welche das Verhalten der Substanz von selbst erklärt. Auf dieselbe Weise fängt unter den genannten Umständen ein Vermoderungsproceß, an in dem Brennholze Raum zu gewinnen und vermindert im Maße seines Fortschreitens mit der Verbrennlichkeit und Flammenbildung seinen Werth. Man sagt alsdann: das Holz sei »gestockt«.

Von dem
wirklichen
(praktischen)
Effect der
Brennstoffe.

So werthvoll auch die aus guten Versuchen ermittelte Heizkraft der Brennstoffe sein mag, indem sie den Höhepunkt anzeigt, welchen die Praxis zu erreichen stets bestrebt sein muß; so werden ihre numerischen Werthe durch die Concurrenz aller aufgezählten gegenwirkenden Umstände doch in einem solchen Grade vermischt und von ihrem ursprünglichen Werthe verrückt, daß man daraus die Leistung der Brennstoffe für den jetzigen Zustand der Heizeinrichtungen durchaus nicht mehr mit Sicherheit entnehmen kann. Auch der relative Werth der theoretischen Heizkraft ist oft in der Praxis nicht mehr zu erkennen und umgekehrt. Lindenholz z. B. gewährt nach der Theorie, keineswegs nach der großen Praxis, den höchsten Effect. Darum hat man denn die im gewerblichen Leben unabwiesbare und hochwichtige Frage über das Verhältniß, in welchem die Leistungen der Brennstoffe für die gebräuchlichen Feuerungen zu einander stehen, durch directe praktische im Großen angestellte Versuche zu beantworten gesucht. Es versteht sich von selbst, daß solche Versuche nur für die bestimmte Art von Feuerung, worauf sie sich beziehen, strenge Geltung haben können. Einige der zuverlässigsten Beobachtungen mögen hier eine Stelle finden.

Für die Zimmerheizung fand man in einer Reihe von Versuchen, — bei welchen die äußere Temperatur von $+ 6,8^{\circ}$ bis $- 6,2^{\circ}$ variierte, und die Zimmerluft auf die mittlere Temperatur von 15 bis 19° C. gebracht wurde und der Rauch mit $75 - 100^{\circ}$ C. in den Schornstein entwich — daß 100 Pfd. lufttrocknes Buchenscheitholz soviel leisten, als 48 Pfd. Stück- (Stein-) Kohlen, 40 (bei möglichster Abkühlung des Rauchs) bis 60 Pfd. gemischter Gries mit $\frac{1}{17}$ Wasser angemacht, 44 Pfd. fetter Gries mit $\frac{1}{17}$ Wasser, 37 Pfd. gemeiner Gries mit $\frac{1}{17}$ Wasser und $\frac{1}{3}$ Lehm und 38 Pfd. Gries mit $\frac{1}{3}$ Wasser und $\frac{1}{3}$ Lehm. Hierbei muß man sich erinnern, daß die angegebene Lufttemperatur die mittlere, nämlich diejenige ist, welche der Luft in gleichem Abstände von Decke und Boden zukommt. Die Beobachtungen lehren, daß die Temperatur eines Zimmers nach eingetretenem Gleichgewicht nach oben abnimmt und zwar für gleiche Abstände (z. B. von $2'$ zu $2'$) ungefähr nach einer geometrischen Reihe, deren Quotient übrigens nicht unter allen Bedingungen derselbe ist. In einem Falle fand man ihn $= 1,0727$, wornach die Temperatur folgendermaßen stieg: Boden $18,36$; 2 Fuß $18,36 \times 1,072$; 4 Fuß $18,36 \times 1,072^2$; 6 Fuß $18,36 \times 1,072^3$ u.

Die Wirkung der Steinkohlen auf die Dampfkessel hat S y n e sehr genau erforscht und glaubt gefunden zu haben, daß die Wärme, welche in der Praxis unter denselben wirklich zu gute gemacht wird, ziemlich dieselbe ist, welche die aus ihnen darstellbare Quantität Kohls (als Kohlenstoff) der Theorie nach geben würde. Wenn

Von dem
wirklichen
(praktischen)
Effect der
Brennstoffe.

eine Kohle z. B. 50 % Kohls giebt, so würden 100 Pfd. der Kohle $50 \times 78,4$ (Desprez) Pfd. Wasser zum Sieden bringen. Nach ihm vermag 1 Pfd. schottische Kohle von Trenant 5,61 Pfd. Wasser von 0° die Kohls daraus 7,4 Pfd. zu verdampfen. Aus 1 Pfd. Kohle von Trenant erhält man nun 5,25 Pfd. Kohls, welche demnach 3,9 Pfd. Dampf liefern, so daß man durch das Verkohlen eine $5,61 - 3,9 = 1,71$ Pfd. Dampf entsprechende Heizkraft verliert. — Bei anderen Versuchen fiel das Resultat zwischen 5,8 und 6,6 für Kohle und zwischen 7,8 und 8,7 für Kohls. Den höchsten Effect fand Parkes in 8,68 Pfd. und Henwood in 9,96 für 1 Th. beste Newcastle'steinkohlen. Interessant sind ferner Fyfe's Versuche über das Einleiten von Dampf in die brennende Kohle (S. 80). Im Mittel von 13 Beobachtungen verdampfte 1 Pfd. schottische Kohle, wenn ein gut regulirter und gehörig zertheilter Dampfstrom über dieselbe in die Flammen gelassen wurde, 9,49 Pfd. Wasser von 0° . Eine andere Sorte von Kohlen ergab unter gleichen Umständen im Mittel von 10 Beobachtungen, welche von 9,23 bis 13,34 schwankten, im Mittel 10,97 Pfd. Dampf aus Wasser von 0° . Eine unmittelbar vergleichende Probe an einem Dampfkessel endlich erwies, daß 537 Pfd. Kohle unter Mitwirkung des Dampfes ebenso viel leisteten, als 812 Pfd. ohne dies, wobei von je 100 Pfd. des erzeugten Dampfes 4 Pfd. in den Feuerraum geleitet werden mußten. Diese abgerechnet werden also nicht 10,97, sondern 10,53 als der wahre Effect betrachtet werden müssen, was gegen die höchste Leistung der bloßen Kohlen immer noch ein Vortheil von 37% wäre, wenn weitere Erfahrungen die Sache bestätigen sollten.

Der hessische Gewerbeverein hat versuchsweise den Wirkungswerth von Holz, Torf und Steinkohle unter verschiedenen gut eingerichteten Kesselfeuerungen untersucht. Man fand, daß im Durchschnitt der auf 6 solcher Feuerungen bezüglichen Versuchsreihen 1 Pfd. 2 Jahre gefälltes Buchenscheitholz 2,075, 1 Pfd. Torf 1,992, und 1 Pfd. Kohlengries 5,201 Pfd. Wasser von 0° verdampfen. Für das gewöhnliche Leben, wo man die Brennstoffe vorzugsweise dem Maße nach kauft und consumirt, lassen sich die angegebenen Werthe leicht übertragen.

Nach dem Gesetz ist die Einheit des Holzmaßes für das G. Hessen der Stecken, = 100 C. F., welche begreiflicher Weise bei der unregelmäßigen Form des Holzes nie vollständig erfüllt sind. Nach der zu Grunde liegenden Bestimmung hat der Stecken Scheitholz 70, Prügelholz 60, Stockholz 50 und Reißig 25 C. F. solide Holzmasse, so daß man aus dem specifischen Gewicht der Hölzer das Gewicht eines C. F. und daraus das Gewicht eines Steckens finden kann. Ein Stecken 2 Jahre altes lufttrocknes Buchenscheitholz ergab übrigens im Mittel von 2 directen Wägungen 1560 Pfd. —

Eine Bütte (= 10 C. F.) Steinkohlengries wiegt 260 — 270 Pfd. trocken, ebensoviel zerschlagene Stückkohle 245 Pfd. —

Beim Torf ist die Beschaffenheit zu abweichend, wodurch, ebenso wie bei den Holzkohlen wegen des Grades der Feuchtigkeit und der Größe der Stücke bestimmte Angaben weniger zulässig sind.

Die Bütte Braunkohlen (Laubacher) wird zu 166 Pfd. gerechnet.

Wie von selbst einleuchtet, müssen bei solchen Reductionen Feuchtigkeitszustand, Form und Größe der Stücke u. stets berücksichtigt werden.

II. Von der Beleuchtung und dem Leuchtmaterial.

Die Möglichkeit aller — im Gegensatz zum Tageslicht — künstlichen Beleuchtung, beruht auf der ebenso leicht zu beobachtenden, als bekannten Thatsache, daß die Einwirkung hoher Hitzegrade auf Körper, welche darin beständig sind, von Lichtentwicklung begleitet ist.

Allgemeine
Grundsätze.

So ungleich ist aber diese Erscheinung bei Körpern verschiedener Natur, daß bei einer Hitze, wo feste Körper, wie Eisen u., schon lebhaft weißes Licht ausstrahlen, Gase kaum bemerkbar glühen. Neben der Temperatur ist also noch eine andere ebenso einflußreiche Bedingung, die Dichtigkeit des leuchtenden Körpers. Bloße Gase geben daher als Leuchtmittel für sich wenig zu hoffen und wirklich geht in der Praxis das Leuchten stets von festen Körpern aus, welche durch Entbindung von Wärme, oder, was für die Ausübung dasselbe besagt, durch einen gleichzeitig eingeleiteten Verbrennungsproceß bis zum Glühen erhitzt werden. In künstlichem Lichte ist demnach stets verbrennender Stoff, welcher die Hitze und glühende (feste) Körper, welche vermittelt dieser das Licht entwickeln. Die Kunst hat von den zwei Wegen, welche hier offen stehen, Gebrauch gemacht.

Zuweilen, wo alsdann die Kosten dem Zwecke gegenüber nicht in Betracht kommen, erheischt dieser Licht von einer sehr hohen, das Tageslicht übertreffenden Intensität. Wenn, um ein Beispiel hervorzuheben, mikroskopische Objecte unter starker Vergrößerung genügend beleuchtet werden sollen, so entwickelt man zu dem Ende das Licht aus einem Stückchen Kreide (Kalk), welches man in der Knallgas- oder einer gewöhnlichen mit Luft gespeisten Flamme zur höchsten Weißglühhitze bringt. Hier also — wo die Kosten in keinen Betracht kommen, hat man vollkommen den erwähnten Grundsätzen gemäß gehandelt. In der That vereinigt die gleichzeitige Wahl der allerheißesten Flammen und eines darin höchst feuerbeständigen Körpers, wie Kalk, alle Bedingungen der höchsten Lichtentwicklung. Dies ist der eine und bei weitem seltenste Fall künstlicher Beleuchtung; man war also dabei genöthigt, den glühenden und leuchtenden Körper von außen her in's Bereich der Verbrennung zu bringen, welche die Hitze giebt. Im zweiten hiervon durchaus abweichenden Falle scheidet die Verbrennung selbst in ihrem Verlaufe feste Körper aus, welche vom Moment ihres Auftretens an in der Lage der Kreide im genannten Beispiel sich befinden, d. h. glühend werden und im Maße ihrer erlangten Hitze leuchten. Insofern hierin alle gangbaren Methoden der Beleuchtung des gewöhnlichen Lebens begriffen sind, ist die Erörterung dieses Principes und seiner Anwendung unsere ausschließliche Obliegenheit.

Die Chemie lehrt zahlreiche Körper kennen, welche, im Verbrennen feste Verbindungen ausscheidend oder bildend, leuchten, aber viele Rücksichten entscheiden über deren Tauglichkeit für's Leben. — Phosphor und Zink z. B. verbrennen mit Lichtentwicklung, der eine, weil durch die Verbrennung gebildete Phosphorsäure, das letztere, weil das gebildete Zinkoryd einige Augenblicke im Bereich des Verbrennungsprocesses verweilt und glühend wird. Keines von beiden, selbst abgesehen von anderen näher liegenden Gründen, würde den Anforderungen der gewöhnlichen Beleuchtung genügen, weil die Erzeugnisse des Processes, Zinkoryd

oder Phosphorsäure, beide nicht flüchtig, sich in der Umgebung auf störende Art ansammeln. Es ist also eine wesentliche Bedingung der fraglichen Materialien, daß ihre Verbrennungsproducte, um dem Verlaufe des Processes nicht zu schaden, von selbst aus seinem Bereich entweichen, nämlich gasförmig sind. Wirklich ist die Ausscheidung von Kohlenstoff, welcher zu einem Gas (Kohlen-Druck oder -Säure) verbrannt weggeht, allen Flammen des Leuchtgases, der Kerzen und Lampen gemeinschaftlich. Die Verbrennung der Kohlenwasserstoffe ist vorzugsweise geeignet, darüber klare Einsicht zu gewähren. Zündet man Kohlenwasserstoffgas an, welches in die Luft entweicht, so werden zwar beide Elementarbestandtheile ein Raub des Sauerstoffs — aber nicht zu gleicher Zeit, denn der Wasserstoff ist ungleich verbrennlicher. Die Erscheinungen werden daher einander so folgen, daß zuerst der Wasserstoff verbrennt, an und für sich (als Gas) mit verschwindend geringer Licht-, aber mit starker Wärmeentbindung, welche sogleich den gleichzeitig abgeschiedenen Kohlenstoff weißglühend, und damit die Flamme leuchten macht. Natürlich entführt der nächste Augenblick die glühend schwebenden Kohlentheilchen über den Rand der Flamme, um dort — wo reichlich Luft ist — verzehrt und durch neue Kohlenabscheidung ersetzt zu werden. Mengt man Kohlenwasserstoff mit Chlor, so ereignet sich dasselbe, nur hat es mit dem ersten Act sein Bewenden; beim Anzünden verbrennt der Wasserstoff zu Chlornasserstoff und Kohle sinkt staubförmig — als Ruß — zu Boden. In der Luft wird der Ruß nur wenige Augenblicke nach seiner Abscheidung verbrannt, wozu das Chlor nicht geeignet war. Das Leuchtvermögen verschiedener Kohlenwasserstoffe ist ungleich. Das Grubengas enthält auf 1 Gewichtstheil Wasserstoff 3 Gewichtstheile Kohlenstoff, 1 Theil Wasserstoff erfordert 8, 1 Theil Kohlenstoff dagegen 2,666 Sauerstoff zum Verbrennen. Angenommen nun, der beim Verbrennen thätige Sauerstoff der Luft trete gleichzeitig an beide, so würden — da 8 Theile Sauerstoff 1 Theil Wasserstoff verbrennen — auch gerade 8 Theile Sauerstoff dem Kohlenstoff zukommen und mithin 3 Theile davon, d. i. den ganzen Gehalt verbrennen. Im ölbildenden Gas sind auf 1 Wasserstoff 6 Theile Kohlenstoff, folglich werden unter der gegebenen Voraussetzung mit 1 Wasserstoff 3 Kohlenstoff verbrennen und ebenso viel, oder 3 Kohlenstoff ausgeschieden. Obgleich in der Natur der Wasserstoff stets früher verbrennt, so geht doch hieraus hervor, daß das ölbildende Gas unter gleichen Umständen mehr Kohlenstoff in der Flamme auszuscheiden vermag, also größere Leuchtkraft besitzt. Terpenthinöl enthält 8, das Del aus dem Steinkohlentheer (Naphta) beinahe 10 Theile Kohlenstoff auf 1 Theil Wasserstoff. Die meisten durch Wärme zerlegbaren Substanzen organischen Ursprungs liefern unter anderen auftretenden Producten Gase und Dämpfe, welche ihre Fähigkeit, mit leuchtender Flamme zu brennen, der Anwesenheit von Kohlenwasserstoffverbindungen von den genannten Eigenschaften verdanken. Sind diese ölbildendes Gas oder noch kohlenstoffreicher, so wird ihre Flamme stark, sind sie Grubengas oder demselben ähnliche, so wird ihre Flamme schwach leuchten. Das Erstere findet im Allgemeinen bei kohlenstoffreichen Materien Statt. Wie bereits gelehrt wurde, hinterläßt das Holz (= 50 % Kohlenst. + 6,21 Wasserst. + 43,8 Sauerst.) bei der trocknen Destillation ungefähr 25 % Kohlenstoff und ebenso viel geht in die Destillationsproducte mit den anderen Elementen; es erfordern aber 6,2 %

Wasserstoff 37 Theile Kohlenstoff, um ölbildendes Gas zu werden, also mehr als noch vorhanden, selbst wenn man den Sauerstoff nicht beachtet. Holz ist daher wenig zur Beleuchtung geeignet, anders die Fette, z. B. Baumöl. Fast sämtliche 77 % Kohlenstoff desselben gehen bei seiner Zersetzung durch Hitze in die flüchtigen Producte, was mehr als hinreicht, um Delgas mit dem Rest des Wasserstoffs zu bilden, nämlich mit 12 % desselben, welche bleiben, nachdem der ganze Sauerstoffgehalt des Dels so viel aufgenommen, als nöthig um damit Wasser zu bilden. Fette Steinkohlen enthalten 80 — 85 % Kohle, geben aber 50 — 60 % Kohl, stehen also, obgleich besser als Holz, dem Oele nach. — Im Ganzen gilt aber hier dasselbe, was bereits bei der Verkohlung gesagt wurde, nicht allein sein hoher Kohlenstoffgehalt, sondern zugleich die chemische Natur und Constitution eines Stoffs neben seinem Preise müssen über seinen Werth als Beleuchtungsmittel entscheiden. Welche Materialien auch verwendet werden mögen, stets sind in ihrer Verwendung zwei Geschäfte zu unterscheiden: einmal die Zersetzung des Materials durch Hitze, wobei kohlenreiche Gase entbunden werden, und zweitens die zweckmäßige Verbrennung dieser Gase, um Licht daraus zu entwickeln. Bei der Benutzung von Stoffen, wie die Fette, welche nicht verkohlbar sind, also keinen Rückstand lassen, sind häufig beide Vorgänge mit einander verschmolzen, so bei Kerzen und Lampen. Dagegen bei Kohlen und Harz und allen ähnlichen, welche Kohle oder fremde Stoffe absetzen, sind sie in Ort und Zeit getrennt: Gasbeleuchtung. Dem Studium dieser Vorgänge muß der Natur der Sache nach die Betrachtung der gebräuchlichsten Materialien vorausgehen.

Allgemeine
Grundsätze.

Unter der großen Zahl von Natur- oder Kunstproducten, welche in dem obigen Sinne chemisch qualificirt sind, hat das Gewerbewesen bis jetzt natürlich nur von denjenigen Gebrauch gemacht, welche einer so umfassenden und allgemein verbreiteten Verwendung gegenüber in hinreichender Menge und wohlfeil zu haben sind, nämlich: Steinkohlen, Harze, Talg (Stearin- und Stearinsäure), Wallrath, Wachs und Oele.

Von den
Beleuchtungs-
stoffen.

Dreifach in den nächsten und dringendsten Lebensbedürfnissen der bürgerlichen Haushaltung betheiligt, gleich wichtig als Nahrungsbestandtheil, Stoff der Seifenerzeugung und Beleuchtung, hat man diese Erzeugnisse des organischen Lebensprocesses ebenso vielfältig in der Natur angetroffen, als aufgesucht. Vielleicht ist es der Chemie in ihrer raschen Entwicklung vorbehalten, die wohlfeile Erzeugung der Fette zu lehren, welche, in so ungeheurer Menge von Thier und Pflanze geliefert, in noch größerem Verhältniß consumirt werden: wenigstens scheint die unseren Tagen angehörende Entdeckung von Pelouze — es gelang ihm, aus Zucker durch einen mit Käse eingeleiteten Gährungsproceß Buttersäure zu erzeugen — hierin die Bahn gebrochen zu haben. Rücksichten der Ernährung gebührt überall der Vorgang; nur ungenießbare Fette concurriren im Allgemeinen zwischen der Beleuchtung und Seifensiederei. — Bei letzterer beruht die Anwendung der Fette auf anderen Gründen, ihr Werth als Nahrungsbestandtheil und Beleuchtungsmittel liegt aber in dem nämlichen Umstande begründet: einem gegen die beiden anderen Elementarbestandtheile sehr hohen Kohlenstoffgehalt (70 — 80%),

Von den
Fetten.

welcher diese Classe von Körpern gegen die große Mehrzahl von Verbindungen organischer Abstammung auszeichnet. In dem Zustande, in welchem die Fette dem Thier- und Pflanzenkörper entnommen werden, sind sie keine homogene chemische Verbindung, sondern Gemenge von solchen, welche einzeln alle Eigenschaften von Fetten besitzen. Einige dieser fetten Gemengtheile oder näheren Bestandtheile sind bei gewöhnlicher Temperatur fest, wie Stearin (von *stear*, Talg) oder Talgstoff, andere sind sogar bei 0° C. flüssig, wie das sogenannte Olein (von *oleon*, Del) oder Delstoff. Im Hammeltalg hat man den festen Fettbestandtheil vom Stearin verschieden gefunden und wegen seines Perlmuttersglanzes Margarin genannt; zuweilen stößt man bei dem Scheiden eines Fettes in seine Gemengtheile nicht unmittelbar auf die drei genannten Primitivfette, sondern auf (chemische) Verbindungen derselben in festen Verhältnissen, wie beim Olivenöl. Sämmtliche Fette sind also entweder directe, (übrigens gleichförmige) Gemenge von Olein mit Stearin (resp. Margarin) oder von Verbindungen derselben unter einander. Mit dem Vorwalten der festen Gemengtheile wird das Fett selbst fester — steigt sein Schmelzpunkt, mit dem Ueberwiegen der flüssigen, sinkt derselbe. Im ersten Fall befinden sich die Talgarten, im letztern die Oele, zwischen beiden halten die Schmalzarten die Mitte vermöge ihrer salbenartigen Consistenz. Die Beleuchtungseinrichtungen sind theils für feste (stearinreiche) Fette, die Talge berechnet, theils für vollkommen flüssige oder Oele; nur für die Schmalzarten, welche ihre Consistenz von beiden ausschließt, hat man bis jetzt keine derartigen passenden Vorrichtungen erdacht und für die Gasbeleuchtung sind sie ohnehin zu kostspielig. — Für die Beleuchtung sind folgende Fettarten von Interesse: 1) Rüßöl, 2) Baumöl, 3) Madiöl pflanzlichen und 4) Wachs, 5) Wallrath, 6) Thran, 7) Talg thierischen Ursprungs. Man hat die procentische Zusammensetzung der meisten davon ermittelt und fand:

Art des Fettes.	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Beobachter.
Baumöl	77,21	13,36	9,43	Gay-Lussac u. Thénard.
Wachs, Bienen-, weiß .	81,80	12,67	5,54	
" brasil.	74,11	11,77	14,12	
" ostind.	70,97	12,07	16,97	Dypermann.
Wallrath	81,60	12,80	5,60	Chevreul.
Hammeltalg	78,10	11,70	9,30	
Kolophonium	79,27	10,15	10,58	Sell und Blanquet.

Das eigenthümliche Gewicht wurde — bis auf einen Fall — geringer als das des Wassers gefunden und zwar bei 15° C.

Für Del von:

Brassica napus. . . 0,9128	Madiöl. 0,9170	Ostindisches Wachs. 1,0100
" campestris. 0,9136	Bienenwachs. . . . 0,9660	Wallrath 0,9430
Olivenöl 0,9176	Brasilian. Wachs. 1,0100	Thran 0,9270

Die Temperaturgrade, bei welchen für die in Rede stehenden Fette der Uebergang aus dem flüssigen Zustand in den festen und umgekehrt stattfindet, liegen oft weit aus einander; sie sind:

Brassica napus . — 6° C.	Bienenwachs . + 63° C.	Thran . . . 0° C. unvollst.
» campestr. — 4° »	Bräsl. Wachs + 97° »	Wallrath 44,7° »
Olivensöl . . . + 2,5° »	Ostind. Wachs + 49° »	Falg 37°—40° »
Mabia noch nicht bei 25° »		

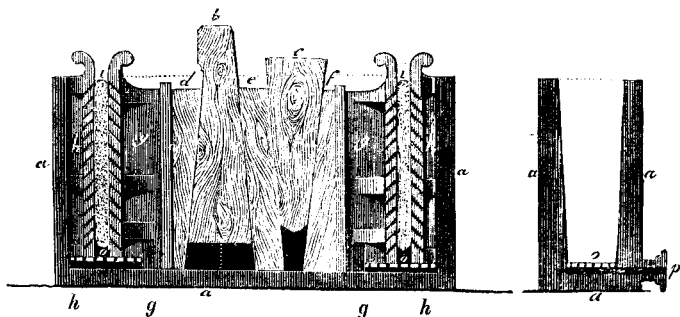
Was die Pflanzensette anbelangt, so sind dieselben bei weitem am häufigsten unter allen Organen der Frucht und darin in der Regel dem Samen eigenthümlich. Der Delbaum allein führt das Del in der fleischigen Fruchthülle; ganz ausnahmsweise hat man es in Wurzeln angetroffen. Wie in dem Folgenden näher entwickelt ist, hängt die Gewinnung der Oele von diesen Verhältnissen ab.

Mehrere, der Gattung Brassica aus der Familie der Schotengewächse angehörige Arten, nämlich der Winterrabs (B. napus), Sommerrabs (B. praecox), Kohlsaaf (B. campestris) und Rübsamen (B. napobrassica) enthalten dieses in den kleinen, runden, gelben, trocknen Samen ihrer Schoten neben einer beträchtlichen Menge Schleim, Eiweiß und anderen Stoffen. Werden die gemahlenen Samen gepreßt, so fließt alles Flüssige, nämlich neben dem Del eine beträchtliche Menge Schleim und Eiweiß ab, soweit diese in der natürlichen Feuchtigkeit der Samen gelöst sind, bei frischem Samen also viel mehr, als bei abgelagertem. Um diese der Beleuchtung nachtheiligen Beimengungen zu beseitigen, pflegt man nur mehrere Monate gelagerten (möglichst trocknen Samen und diesen vorher erwärmt) zu pressen. Dadurch gerinnt das Eiweiß im Samen und kann mit dem durch's Trocknen verminderten Wassergehalt gar nicht mehr, der Schleim dagegen nur noch in geringerer Menge ausquellen. Das Rübs.

Zum Zermahlen der siebreinen Samen dient am schicklichsten ein stehend laufender Mühlstein (Granit) nach Art der Ostmühlen. Da die Zähigkeit und Härte der Körner nur unvollkommen oder erst nach langer Zeit darin überwunden werden könnte, so läßt man dieselben sehr passend zuvor durch die Quetschmühle laufen. Von da, gleichsam aufgeschlossen, wird das Feinmahlen unter dem Mühlstein beendet. Zur Beschleunigung der Arbeit läuft mit diesem eine Klinge um, welche dazu bestimmt ist, die Masse gehörig umzuwenden, das am Bodenstein Anhängende abzuschaben und unaufhörlich in die Bahn des Läufers (hinter denselben) zurückzuschaukeln. — Am häufigsten, aber keineswegs am zweckmäßigsten, erwärmt man das feine Samenmehl in eisernen Kesseln über freiem Feuer; außer den angeführten Zwecken beabsichtigt man dadurch hauptsächlich, das Del dünnflüssiger und zum Ausfließen geeigneter zu machen, wozu übrigens die Siedhize des Wassers ausreicht. Durch dampfgeheizte Kessel mit ihrer gleichförmigen Einwirkung umgeht man den Nachtheil der mangelhaften Erwärmung und Ueberhizung, welche am Boden und an der Oberfläche der gewöhnlichen Kessel eintreten, auf's vollkommenste. — Ist das erwärmte Mehl portionenweise in die Preßtücher — am besten aus Wolle, worüber man Rosshaartuch schlägt — eingeschlagen, so bringt man es unter die Presse. Es ist leicht einzusehen, daß das in einer überwiegenden Samenmasse zertheilte Del bei seiner mehr dickflüssigen Beschaffenheit nur einen sehr hohen und zugleich nachhaltigen Druck weicht. Wo man das Anlagecapital nicht scheut, ist eine Brahma'sche Presse bei weitem vorzuziehen, im entgegengesetzten Falle, wie meist geschieht, bedient man sich der Keilpresse, welche wohl ebenso energisch, aber weniger

Das Rüböl. bequem und viel geräuschvoller arbeitet. Die gefüllten Preßtücher werden nämlich in einen viereckigen Raum, welchen man in einen starken eichenen Klotz mit dem Meißel eingestemmt hat oder wie in Fig. 13. in einen gußeisernen Kasten

Fig. 13.



a zwischen Preßplatten *h* und *g* eingelegt, die sich durch Einrammen der hölzernen Keile, womit der freibleibende Raum ausgefüllt ist, mehr und mehr nähern. Einer dieser Keile, der Lösekeil *b*, dient lediglich dazu, das leichte Auseinandernehmen des Apparats möglich zu machen, indem ihn dieselben Schläge, welche den Keil *c* eintreiben, vermöge seiner entgegengesetzten Stellung austreiben oder lösen; *f* *e* und *d* sind Zwischenstücke, welche verhindern sollen, daß sich die Treibkeile unmittelbar an einander reiben. Die Preßplatten sind mit je 3 Querrippen versehen — mit welchen sie sich, und zwar die unbeweglichen *h* *h* an die Kastenwand, die zum Herausnehmen eingerichteten *g* *g* aber gegen die Zwischenkeile *d* *f* anstemmen — und mit vielen Oeffnungen durchbohrt, um dem Del leichteren Ausfluß zu gewähren. Beim Füllen der Presse ist es nöthig, den Lösekeil (an einer Schnur) schwebend in dem Abstand *d* vom Boden zu erhalten, damit Spielraum zum Auslösen bleibt. Das Del rinnt von den Preßplatten durch die horizontalen durchbrochenen Platten *e* *e*, worauf jene ruhen, nach dem Abflußrohr *p*. — Sowohl *b* als *a* werden durch besondere Stampfen getrieben, welche von einer Welle mit Daumen gehoben werden. —

Brassica napus liefert gegen 33, *rapa* nur 16, *campestris* 39, *napobrassica* 33, *praecox* 30 und *Madia sativa* im Mittel 32 oder zwischen 25 und 50 % Del.

Olivenöl.

Der Delbaum (*Olea europaea*) aus der Familie der Jasmineen bringt eine Steinfrucht, deren fleischige grünbraune Hülle ein Del enthält, welches unter den Pflanzenölen an Feinheit des Geschmacks und großer Verseifbarkeit obenan steht. Nur die geringeren Sorten, so weit sie nicht zu Seife verarbeitet werden, dienen zum Brennen. Obgleich die Frucht sehr saftig im Vergleich mit dem Delsamen, so setzt doch ein gewisses Stößen (*turgor*) des Gewebes und die Härte des Steins oder Kerns — wegen des Zeitverlustes kernt man die Früchte nie aus — dem Pressen ein nicht unbeträchtliches Hinderniß entgegen. Die sorgfältig eingethane Ernte sollte für Del erster Qualität, Speiseöl, stets so frisch wie möglich in Arbeit genommen werden, doch hat es die Ueberlieferung als zweckdienlich eingeführt, einen gewissen Grad der Gährung der in Masse auf einander

geschichteten Früchte abzuwarten, wodurch das sogenannte Vegetationswasser zerstört, d. h. die Oliven getödtet werden, erweichen und das Del in größerer Menge gehen lassen. Diese Gährung giebt sich durch Wärme zu erkennen, welche in einer mehrere Zoll dicken Lage 36° nicht übersteigen darf, ohne die Qualität des Dels zu beschädigen. Im entgegengesetzten Falle, wenn z. B. der Saft anfängt, bräunlich und verdorben auszufließen, wie häufig der Fall, ist das Del von ganz geringem Werthe. — Man beginnt damit, die leichtgegohrnen Früchte in Oelmühlen mit stehenden Steinen zu einem zarten Brei zu zermalmen, zu dessen Aufnahme Binsensäcke bereit sind, die man zu 18 oder 20 unter eine Art Weinkelter bringt. Es ist unerlässlich, die Kelter nun in dem Maße zu schließen, als nach jedesmaligem Ruck das Del abgeflossen ist und Zeit gewonnen hat, sich aus der Teigmasse zu sondern. Das Product dieser ersten Pressung ist das feinste, das Jungfernöhl. Was in den Presskuchen verblieb, läuft für sich nicht freiwillig ab. Darum löst man die Kelter, lockert die einzelnen Kuchen in den Säcken auf, brüht das fast trockne Mark mit heißem Wasser an und keltert, wie zuerst bei den frischen — eine Operation, welche zwei bis dreimal wiederholt wird. Zum Auffangen des mit dem Del ablaufenden Wassers dienen zwei Behälter in der Art, daß in dem einen die Flüssigkeit in zwei Schichten sich vorläufig abscheidet, während sich der andere füllt. Die jedesmal an die Oberfläche getretene, nämlich die Delschicht, wird mit Schaumlöffeln abgenommen, das darunter stehende Wasser aber, welches noch mehr in dem Schleim suspendirtes Del enthält, in einer Art Cisterne zum ferneren Absetzen gesammelt, aus welcher mit einem tief eintauchenden Heber das Wasser vom Boden abgezapft werden kann. Man läßt sich nämlich darin das Del von einer größeren Menge Presswasser ansammeln, als die Cisterne eigentlich faßt, indem man dem, was nachgefüllt werden soll, durch Abzapfen des ölfreien Wassers am Boden Raum verschafft. Schwimmt hinreichend Del oben auf, so nimmt man dieses als zweite Qualität ab. — Nach der Erfahrung der Delbauern liefert der nach zweimaliger Behandlung gebliebene Rückstand noch hinreichend Del schlechtesten Qualität, um eine dritte Arbeit bezahlt zu machen. Sie rühren nämlich die vorher zerquetschten Presskuchen mit vielem Wasser an, wodurch eine Art Schlammung eintritt. Die zerknirschten Kerne fallen zu Boden, das zarte Mark dagegen tritt an die Oberfläche, von wo es mit Haarsieben abgenommen und über Feuer zu einem steifen Teig eingetrocknet wird, welcher alsdann die dritte Pressung beschäftigt.

Sämmtliche Delsorten bleiben vor der Versendung etwa 20 Tage an einem warmen Orte (nicht unter 20° C.) in Gefäßen stehen, wo sie Zeit gewinnen, ihren Schleim am Boden abzugeben.

Die Pflanze, wovon dasselbe abstammt, *Madia sativa* aus der Familie der Syngenesisten, ursprünglich in Chili heimisch, ist seit einiger Zeit mit Glück in unserm Klima angepflanzt worden. Man gewinnt das Del auf die beschriebene Weise, wie aus anderen trocknen Samen; jedoch verdient bemerkt zu werden, daß das Speiseöl, wozu das Madiadol geeignet ist, jederzeit kalt geschlagen werden muß. Es sieht goldgelb aus.

Eine große Zahl Schiffe aller Flaggen segeln jährlich nach dem Polmeere zu auf den Wallfischfang, theils des Fischbeins, hauptsächlich aber des Speckes

Olivenöl.

Madiadol.

Iran.

Thran. dieser Thiere willen, welcher ausgelassen ein flüssiges Fett, den Thran liefert. Robben, Delfphine u. werden zu gleichem Zwecke gefangen. Die Wallfischfänger begnügen sich, den Speck auszuhauen und in die Tonnen zu verpacken; das Auslassen desselben ist Sache besonderer Werkstätten in den Seehäfen. Nur bedingt der Transport eine anfangende Fäulniß der dem Speck anhängenden thierischen Materien und Flüssigkeiten, welche, obgleich das Ausschmelzen befördernd, neben einem eigenthümlichen aus Phocensäure und Glycerinoryd (s. unten) bestehendem Fette, allerdings die Ursache des allen Thranen eigenthümlichen widrigen Geruchs sind. Dadurch ist das Zellgewebe des Specks so weit aufgelockert und verändert, daß der Thran aus den Fässern mit Boden von Gitterwerk, deren man sich in den Siedereien bedient, meist freiwillig abläuft. Zur besseren Abscheidung der darin schwebenden Unreinigkeiten erhitzt man den Thran etwas über 100° und zapft das Klare nach einiger Ruhe von dem Trub.

Läutern des
Dels.

So wie die verschiedenen flüssigen Fette im Handel vorkommen, insbesondere das Rüßöl, sind dieselben von dem gleichzeitig ausgepressten Schleim und Materien der Art keineswegs vollkommen frei. Zudem verhalten sich diese Stoffe beim Brennen von dem Del verschieden, indem ihnen die wesentlichste Bedingung abgeht; nämlich keinen (Kohlen-) Rückstand zu lassen. Bekanntlich widerstehen die Brennöle der energischen Einwirkung concentrirter Säuren nicht; schwächt man dieselben dagegen durch Verminderung der Masse, wendet man also nur 1 — 2 % Schwefelsäure an, so wirkt die Säure nur vorzugsweise auf die fremden, beigemengten Stoffe und überhaupt in hohem Grade fördernd auf die Brennfähigkeit des Dels. Die Säure entzieht nämlich zunächst dem Schleim das Wasser, wodurch es demselben möglich war, in dem Del vertheilt und schwebend zu bleiben und verkohlt denselben gleichsam zu einer schwarzen Masse. Außerdem wird das Del selbst etwas angegriffen, es färbt sich grün oder dunkelbraun und giebt nach einiger Zeit einen ähnlich gefärbten flockigen Bodensatz, wobei es sich vollkommen klärt. Thénard hat dieses Verhalten zuerst zum Läutern der Dels im Großen angewendet. — Es begreift sich leicht, daß der Erfolg des Säurezugesatzes von der Vollständigkeit der Berührung beider Flüssigkeiten, so wie von der Temperatur abhängt. Bei einer Wärme von 60 — 70° C. kann man die Quantität der Säure sogar bis auf ½ % vermindern.

Neben den (Decanthir-) Fässern zum Abschenken, sind in einer Läuterwerkstätte noch Rührfässer vorhanden; sie sind am besten entweder horizontal unbeweglich, mit einer in der Fasse liegenden Flügelwelle versehen, oder ohne diese um ihre Ase an einer Kurbel drehbar. Darin werden dem vorher erwärmten Del 1 bis 1½ % Schwefelsäure in einem dünnen Strahl unter Umrühren allmählig beigemengt. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß vermöge des Unterschieds in den specifischen Wärmen, dieselbe Menge Dampf (von 100°), welche 1 Theil Wasser auf 60° bringt, 3,2 Theile Del ebenso weit erwärmt, so leuchtet der Vortheil der Dampfheizung in der Delraffinerie von selbst ein. Zeigt das anfangs nur dunkel gewordene Del nach längerem Weitschen im Rührfasse deutlich in einer klaren Flüssigkeit abgeschiedene Flocken, so ist die Wirkung der Säure

beendigt und man sucht durch Zusatz von warmem Wasser von 60° C. ($\frac{2}{3}$ des Dels) und wiederholtes fortgesetztes Röhren dieselbe so vollkommen als möglich zu trennen, damit dadurch beim späteren Gebrauch die metallenen Gefäße u. nicht angegriffen werden. Das Wasser, zum Auffammeln der Säure bestimmt, scheidet sich zuletzt nach mehrtägiger Ruhe in den Absatzfässern unter dem schwarzen flockigen Absatz. Das über beiden befindliche klare Del, so sorgfältig man es auch abzapft, muß dennoch jederzeit vor dem Verkauf filtrirt werden, wozu man Böttche anwendet, in deren Böden konische Löcher mit Baumwollpfropfen angebracht sind. Körbe mit Moos oder Baumwolle ausgelegt, thun denselben Dienst. Immer ist das Filtriren eine mißliche Operation, bei der man ohne Unterlaß mit dem schnellen Verstopftwerden der Filter zu kämpfen hat. — Es ist zweckmäßig, obgleich wenig befolgt, zur Entfernung der letzten Antheile Schwefelsäure Kreidemilch und einen Dampfstrom zu benutzen. — Vorschläge, wie die Watt's mit oxydirenden Stoffen, z. B. Chromsäure, oder Eogen's mit Potaschenlösung zu läutern, müssen noch durch die Erfahrung geprüft werden. — Im Ganzen ist geläutertes Del nicht viel weniger gefärbt, als das rohe, auch läßt sich nach Brandes nur Mandelöl, nicht aber die Brennöl durch die stärksten Mittel, wie Thierkohle, entfärben. —

In dem Thran ist die Verunreinigung nicht Schleim, sondern thierische Gallerte oder Leim und außerdem flüchtige, stinkende Materien. Zur Läuterung bedienen sich Einige einer Lohbrühe (Gerbestofflösung), welche mit dem Leim in unlöslichen Flocken fällt; Andere wenden Metallsalze, wie Kupfervitriol oder Bleizucker an, welche auf gleiche Weise wirken. Den widrigen Geruch entfernt man am besten mit Bleichkalk.

Unter allen Flüssigkeiten vermehren die Oele ihr Volum am meisten durch Wärme und zwar in einem solchen Grade, daß die genaue Kenntniß dieser Ausdehnung für den Handel nothwendig erscheint. Für jeden Grad Cels. wächst das Volum des Olivenöls nach Preißer um $\frac{1}{1200}$, des Rüböls $\frac{1}{1120}$ und des

Thrans $\frac{1}{1000}$, dergestalt, daß 100 Maß Thran bei 0° C. im Sommer bei 20° C. 102 Maß betragen u. s. f. — Eine andere Eigenschaft, worin die einzelnen flüssigen Fette mehr von einander abweichen, ist von vielem Einfluß auf den Brennwerth derselben, nämlich der Grad ihrer Flüssigkeit, welcher nach der Zeit geschätzt wird, welche eine gegebene Menge Del bedarf, um z. B. aus einem Trichter von bekannter Weite auszufließen. Schübler und Ure haben darüber folgende Resultate erhalten.

Art der Flüssigkeit.	Zeit des Ausflusses.	Flüssigkeit. Wasser = 100.
Wasser	90 Secunden	100
Del der Brass. campestr.	162 "	55,5
" " " napus	159 "	56,6
" " " praecox	148 "	60,8
" " " napobrass.	142 "	63,3
" " " rapa	136 "	66,1
Olivenöl	195 "	46,1
Thran, nach Ure	450 "	20,0

Bom Talge.

In dem thierischen Körper ist ein eigenthümliches häutiges Gewebe, gleichsam als Ausfüllung und Zwischenlage nach allen Richtungen in und um die verschiedenen Organe vorhanden, das Zellgewebe. An gewissen Stellen im sogenannten Neg z. B. sind die einzelnen, durch dünne Membranwände gebildeten Zellen vorzugsweise die Behälter des Thierfettes, welches als Kugeln oder kleine Tropfen in der Thierflüssigkeit schwimmen, womit die Zellen erfüllt sind. Bei den Wiederkäuern tritt die feste, bei der gewöhnlichen Temperatur harte Beschaffenheit des Fettes als charakteristisch hervor; Rinder, Hirsche, Schaafse, Ziegen liefern Talg, obgleich von nicht ganz gleicher Beschaffenheit. Wegen der Seltenheit der übrigen dient als Beleuchtungsmittel nur der Rindstalg und in kleiner Quantität der von Schaafen (Hämmeln). Die Eigenschaften beider sind gleich, so weit solche für die Praxis wichtig. Im Allgemeinen ist der Talg für den vorliegenden Zweck um so werthvoller, je größer seine Härte. Erfahrungsmäßig ist dieser merklich größer bei Thieren, welche mit gewachsenem trocknen Futter genährt wurden, am geringsten bei Fütterung mit Branntweinspülung. Daher ist in der Regel der Talg, welchen der Handel aus Rußland zu uns bringt, wegen der achtmonatlichen Trockenfütterung fester, als der inländische.

Ausgeschmelzen
des Talges.Reinigen des
Talg.

Das Ausgeschmelzen hat zum Zweck, aus den dazu geeigneten Partien — für Lichter sind es neben dem Neg nur die um Herz und Nieren abgelagerten und das Kranzfett — die Talgkugeln durch Zerstörung der Zellen auszuscheiden und in eine Masse zu vereinigen. Nach dem jetzt noch in großem Umfang, früher allgemein befolgten Verfahren geschieht dieses durch die Wirkung der Wärme allein, welche übrigens die Temperatur des siedenden Wassers übersteigen muß, wenn man nicht auf einen Theil der Ausbeute verzichten will. Zu dem Ende bringt man die in kleine Stücke zerschnittenen Fettlappen in einen Kessel über freiem Feuer zum Schmelzen. Zunächst werden die Zellen größtentheils durch die Ausdehnung der darin enthaltenen Flüssigkeit zersprengt; es bildet sich eine milchartige Flüssigkeit, welche nach und nach klar wird, in dem Maße, als das in den Fettzellen enthaltene — oder auch zuweilen in kleinen Mengen zugesetzte — Wasser verdampft. Man erhitzt nunmehr so lange und so weit, bis die häutigen Theile — Grieben — alles Wassers verlustig, etwas hart und gleichsam gebraten erscheinen und kein Fett weiter gehen lassen. In diesem Zeitpunkte unterdrückt man das Feuer so weit, daß das Fett oben noch flüssig bleibt, zieht dasselbe durch und gießt es zu Blöcken oder Broden aus — Bodentalg. Die Grieben liefern, zum zweitenmal gebraten und abgepreßt, eine geringere, meist gefärbte Qualität. Im äußersten Fall, den die Praxis nur selten erreicht, giebt Rindstalg 95% Talg mit 2% Grieben, Hammeltalg 91% Fett und 4,5% Grieben, in der Regel bleibt eine beträchtliche Menge Talg in den letzteren, welche dann 8 — 10 % betragen.

Die Nachtheile dieses, des gewöhnlichen, Verfahrens sind mannichfach: die Zellen werden unvollständig aufgeschlossen und so hart, daß sie unter der Presse den Talg schwierig gehen lassen. Ferner ist es eine Unmöglichkeit, eine gleiche Temperatur durch die ganze Schmelze wirken zu lassen; sie ist am Boden meist zum Nachtheil der Farbe und Beschaffenheit des Talgs zu hoch, indem derselbe weicher wird — leichtschmelzender — und leicht Kupfer aus den Kesselwänden

aufnimmt. Endlich entwickeln sich beim Schmelzproceß und durch diesen aus den thierischen Stoffen zc. entzündliche (also feuergefährliche) Gasarten und Dämpfe, welche einen in so hohem Grade widerwärtigen Gestank verbreiten, daß nur eine längere Gewohnheit dagegen abstumpfen kann. — Die bloße Anwendung von Dampf statt des freien Feuers gewährt nur einseitige Abhilfe, weil die Temperatur immer zu niedrig bleibt und überdies durch das unmittelbare Einleiten desselben in das Fett, die Substanz der Membran in Leim *) umgeändert wird, welcher nur schwerer zu beseitigen ist. Dagegen verdient als höchst zweckmäßig hervorgehoben zu werden, daß man angefangen hat, hier und da durch mechanische Kraft, durch stehende Mühlsteine oder Mörser z. B. die Zellen zu zerreiben, zerquetschen und aufzuschließen. Einmal dahin gelangt, ist nur noch die Temperatur zum Auslassen erforderlich, wobei der Talg vollkommen flüssig wird.

Aus-schmelzen
des Talges.

In demselben Sinne, aber chemisch läßt Darcet in seiner anerkannt vortrefflichen Methode die verdünnte Schwefelsäure auf den Talg wirken, wodurch derselbe mit der chemischen Zerstörung und Aufschließung der Zellen den wichtigen Vortheil verbindet, die Entwicklung der stinkenden Dämpfe für ein sorgfältiges Verfahren ganz zu verbannen oder für die gewöhnliche Praxis wenigstens bis zum erträglichen zu vermindern. Nach seiner Angabe soll man den rohen Talg mit der Hälfte Wasser schmelzen, welche zuvor mit 3,3% Schwefelsäure angesäuert ist und dieses so lange im Sieden erhalten, bis die Trennung von Zellen und Fett beendet ist. Obgleich der Erfinder seine Methode für die Arbeit auf freiem Feuer berechnete, so wird jene Trennung durch die Säure in so hohem Grade unterstützt, daß die Temperatur des siedenden Wassers zur Vollendung des Processes ausreicht, d. h. Dampf gebraucht werden kann. In dem L a u l e t'schen Apparate geschieht die Dampfheizung äußerlich, in der C h a m p y's durch directes Einleiten von Dampf, wobei die Grieben so aufgelockert werden, daß sie sich leicht pressen, oder durch bloßes Nachsieden schon den Talg vollkommen ausgeben. Versuche mit dem ersten Apparate gaben 2 bis 4 % höheren Ertrag, als die Arbeit auf freiem Feuer; was das directe Einleiten von Dampf betrifft, so hat die Erfahrung dabei als zweckmäßig zu erkennen gegeben, weniger Wasser mit größerem Säuregehalt (etwa $\frac{1}{3}$ des Talgs mit 6 % Säure) anzuwenden, weil durch Verdichtung des Dampfes alsdann das richtige Verhältniß hergestellt wird.

Auf dasselbe Princip, wie die Darcet'sche, ist eine Methode von L e f e b u r e gegründet, welcher anbefiehlt, den geschnittenen Talg erst kalt in einem Säurebad 3 — 4 Tage zu maceriren und darauf in einem frischen Bad umzuschmelzen.

Der größte Theil des im Handel vorkommenden Bodentalges ist mit so wenig Sorgfalt zubereitet, daß er ohne vorhergegangene Umschmelzung und Reinigung von den Lichtermachern nicht gebraucht werden kann. Sie nennen die hierhergehörige Operation die L ä u t e r u n g, worunter man lediglich ein Umschmelzen unter Mithilfe sogenannter Läuterungsmittel zu verstehen hat, welche, beinahe in jeder Werkstätte andere, aus den verschiedenartigsten Salzen bestehen, wie Vitriol, Salpeter, Salmiak, Rochsalz, Alaun, Bittersalz, Glas-

*) Dies findet ohnehin schon einigermaßen Statt.

Ausfchmelzen
des Talges.

galle ic. und entweder dazu bestimmt sind, Reste von Gallerte oder Leim unlöslich zu machen oder auch nur das Wasser in eine specifisch schwerere Flüssigkeit zu verwandeln, welche sich mit den aufgenommenen Unreinigkeiten leichter absegt.

Schließlich verdient noch erwähnt zu werden, daß Darcet den Vorschlag gemacht hat, die stinkenden Dämpfe, welche es nie gelingt vollkommen zu unterdrücken, wenigstens dadurch für den Arbeiter unschädlich zu machen, daß man sie durch einen starken Luftzug in den Schornstein oder in den Feuerheerd leitet, um sie daselbst zu verbrennen. Die Bedeckungen mit Ableitrohr, womit der Kessel dabei versehen werden muß, sind übrigens für die Arbeit störend. —

Die Anwendung der Säure gewährt nicht allein eine höhere Ausbeute, sondern auch zugleich den schätzbaren Vortheil, daß sie den Talg härter und klügender macht.

Vom Stearin.

Unter die nächsten und näheren Bestandtheile des Talges, so wie sie Chevreul kennen und darstellen lehrte, sind einige, welche bei der gewöhnlichen Temperatur einen viel höheren Schmelzpunkt besitzen als Talg, dabei fester, trockner und spröde, in allem übrigen noch ganz und gar Fett, nur aufgehört haben, sich schmierig anzufühlen und zu flecken, kurz diejenigen Eigenschaften in der höchsten Entwicklung zeigen, welche man durch die verschiedenen Härtungsmittel in dem Talge hervorzurufen strebt, um ihn dem Wachs ähnlich zu machen. Schon seit längerer Zeit haben sich die Gewerbe unter dem Namen »Stearin« zweier dieser Bestandtheile bemächtigt, welche sich zu einander wie Salz zu Säure verhalten, also chemisch gänzlich von einander verschieden sind. Der eine von beiden Stoffen heißt in der wissenschaftlichen Terminologie ebenfalls Stearin, und wurde bereits (S. 86) berührt, der andere ist die Talgsäure oder Stearinsäure. Während man ursprünglich damit anfang, nur das eigentliche Stearin fabrikmäßig abzuscheiden, so ist dieser Zweig nunmehr gegen den Umfang der Stearinsäurebereitung fast gänzlich in den Hintergrund getreten. —

Geschmolzener Talg wird von der 8fachen Menge Aether vollkommen aufgelöst; beim Erkalten bleibt nur das Olein gelöst nebst sehr wenig Stearin, welches beinahe vollständig herauskrystallisirt und durch Waschen mit Aether vollkommen gereinigt werden kann. Wenn es umgeschmolzen ist, stellt es eine feste, zerreibliche, nicht fleckende, alabasterartig durchscheinende Masse dar. Seine Abscheidung im Großen ist nicht sowohl für eine wirkliche Trennung des Stearins vom Olein, sondern vielmehr für eine beträchtliche Erhöhung des Stearingehaltes im Talge zu nehmen, welcher im natürlichen Zustande schon $\frac{3}{4}$ seines Gewichts davon enthält. Der Weg, welchen die Praxis eingeschlagen hat, ist sehr einfach. Vollkommen flüssig und durchsichtig geschmolzenen Talg läßt man unter stetem Umrühren so allmählig wie möglich bis auf etwa 38° C. erkalten. Bei dieser Temperatur ist ausschließlich das Stearin in Gestalt von zahllosen kleinen Kryställchen fest geworden, welche, in dem noch flüssigen Theile schwimmend, das Ganze zu einem trüben weißlichen Brei verdicken, den man in Tücher vertheilt, auf dieselbe Weise und mit denselben Maschinen, wie sie sogleich bei der Stearinsäure näher beschrieben werden, langsam auspreßt, wobei sich der größere Theil des Oleins in die wollenen Tücher zieht. Durch Wiederholung der Operation

mit den festen Kuchen erhält man das Stearin mehr und mehr rein und von Eigenschaften, welche sich den vorhin beschriebenen sehr nähern.

Die Beobachtungen, welche Liebig und Pelouze mit dem Stearin an- Stearinsäure.
gestellt haben, führten dahin, daß man dasselbe — wie allgemein geschieht — mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit, als ein Salz von zwei Basen betrachten müsse. Die eine derselben ist durch Wasser vertreten, die andere das Dryd eines zusammengesetzten Radicals, des Glyceryls $= C_6H_{14}$ mit 5 Atomen Sauerstoff, welches in allen Fetten enthalten und als Hydrat $= C_6H_{14}, O_5 + 3H_2O$ für sich bekannt ist. Die Säure des Salzes verhält sich wie ein Fett, ist aber im Aeußern dem Stearin ähnlich — es ist die Stearinsäure. Auf ganz ähnliche Weise ist das Olein ein Salz einer ölartigen flüssigen Fettsäure — der Oelsäure — mit denselben Basen, und der Talg demnach chemisch als ein Gemenge eigenthümlicher Doppelsalze aus Fettsäuren *), Wasser und Glyceryloryd anzusehen.

Der Gang, welcher der technischen Scheidung der Stearinsäure zu Grunde liegt, beginnt damit, daß man das Glyceryloryd durch eine starke Mineralbase — Kalk — verdrängt. Das entstandene Gemenge von talg- und ölsaurem Kalk zerfällt durch zugesetztes Schwefelsäurehydrat in schwefelsauren Kalk und eine Lösung von Stearinsäure in Oelsäure, welche durch Krystallisiren und Pressen getrennt werden.

Größerer Bequemlichkeit und Ersparniß wegen bedient man sich in den Werkstätten, worin Stearin (=säure) gefertigt wird, lediglich des Dampfes zur Heizung. Ein Dampfkessel mit Sicherheitsventil liefert denselben allen Theilen des Locals, worin man seiner benöthigt, durch geeignete Röhrenleitungen mit Hähnen, und zwar zunächst den Kalkgefäßen. Es sind dies hölzerne, inwendig mit verlötheten Bleiplatten (um das Eindringen des Fettes und das Zerfressen durch die Schwefelsäure zu hindern) ausgefütterte Ständer, auf deren Boden ein mit besonderm Hahn versehener Zweig des Dampfrohres in einer Brause ausmündet. — Man beginnt damit, die erste Kufe, nachdem dieselbe zuvor zum größeren Theil ihrer Höhe mit Wasser angefüllt ist, mit Talgbroden zu beschicken. Sobald nach dem Deffnen des Dampfahns die Beschickung geschmolzen ist, setzt man gelöschten zu Milch zerrührten Kalk hinzu. Um ganz sicher zu gehen, berechnet man mehr, als der Proceß theoretisch erheischt: wenn der Talg nur aus Stearinsäure bestände, so würden gerade 11 % nöthig sein; das gebräuchliche Quantum ist 14 %. Nach wenigen Stunden ist die Zersetzung beendigt, wenn man fortwährend umgerührt hat. Die auf dem Wasser schwimmende durchsichtige Fettschicht hat sich in eine nun nicht mehr flüssige, graue, krümlige Masse, in Kalkseife (talgsauren Kalk, gemengt mit ölsaurem) verwandelt, welche, im Wasser nicht auflösbar, als getrennte Schichte an der Oberfläche bleibt. Bei seinem Austreten nimmt das Glyceryloryd Wasser auf zu Glycerylorydhydrat (gewöhnlich Glycerin genannt), einer syrupartigen, süßschmeckenden Flüssigkeit, etwa 10 % des Talges, welche sich im vorhandenen Wasser auflöst.

*) Außer Oelsäure und Stearinsäure enthält er (vorzüglich der Hammeltalg), auf gleiche Weise gebunden, die der letzteren sehr ähnliche Margarinsäure.

Seearinsäure.

Mittlerweile ist eine zweite Kufe zur Aufnahme der vom Wasser abgehobenen Kalkseife in Bereitschaft gesetzt und mit der nöthigen Menge Schwefelsäure versehen worden. In Folge der gemachten Erfahrungen weiß man, daß die Seife 10 % Kalk gebunden enthält, welche nach der Theorie 17,2 Schwefelsäurehydrat erfordern. Also in der Praxis sind allerwenigstens 18,5 Thle. künstliche Schwefelsäure vom specifischen Gewicht = 1,832 aufzuwenden, welche zuvor mit ihrem 60- bis 70fachen Volum Wasser verdünnt werden müssen. Von der Wärme des Dampfes unterstützt, geht die Verseifung der Kalkseife rasch vor sich, in der Regel in der halben Zeit ihrer Bildung. Indem dieselbe zuerst erweicht, dann zunehmend flüssiger und heller wird, trübt sich das unten befindliche saure Wasser von schwefelsaurem Kalk, der zu Boden fällt, bis endlich auf dem über dem Bodensatz stehenden Wasser eine klare, vollkommen durchsichtige, wie Del aussehende Fettschicht schwimmt. Zu diesem Zeitpunkt schließt man den Dampfahn, um die Flüssigkeiten zu trennen und das Fett nach den Formen zu befördern, worin es zu halbcentnerschweren, viereckigen Blöcken erstarrt. Sie sind ungefähr von der Beschaffenheit des Talges, nur gelber und misfarbig, ein Gemenge von Del- und Talgsäure, welche man nur noch mechanisch, nämlich unter der Presse, zu trennen hat. Ehe sie dahin gebracht werden können, ist es nöthig, sie gehörig zu zerkleinern. Hierzu dient eine Schneidelade von folgender Einrichtung: An der Mündung eines vorn offenen, horizontal auf einem Gerüste aufgezogenen Holztrogs rotirt ein Schwungrad mit krummen Speichen, woran die Hobel oder Klingen derselben Form feststehen, welche also nach Art der krummen Säbel zum Angriff kommen. Die Axt des Rades, durch die ganze Länge des Trogs laufend, dreht sich hinten in einer Pfanne und trägt in ihrer ganzen Ausdehnung eine Schraube, auf deren Mutter das Widerlager des Talgblocks angebracht ist. Vermöge dieser Disposition wird der Block den Schneiden genau in dem Maße entgegengeführt (= geschraubt), als er durch die Wirkung derselben abnimmt. — Die entstandenen Späne von 0,8'' Dicke werden in einer nicht sehr dicken Lage in Lächer von einem besondern, sehr starken geköperten Wollenzeuge eingeschlagen und zwischen Horden aus Flechtwerk und Blechtafeln auf die Platte p' der hydraulischen Presse Fig. 14. und 15. geschichtet.

Die wesentlichen Theile dieser Maschine sind eine (Druck- und Saug-) Pumpe a , welche durch das Rohr t , b , u mit dem Cylinder cc' in Verbindung steht. Durch die Thätigkeit der am Schwengel l stehenden Arbeiter wird Wasser aus dem Behälter b gehoben, und mit einer Kraft, welche aus der natürlichen Leistung des Mannes bei l und der Wirkung dieses Hebels zusammengesetzt ist, nach cc' gepreßt. Der Natur der Flüssigkeiten gemäß wird der vom Kolben s empfangene Druck gleichmäßig nach cc' übertragen und daselbst so ausgeübt, daß jeder Theil der Oberfläche, welcher dem Querschnitte von s gleich kommt, einen ebenso großen Druck empfängt, als von diesem Querschnitt ausgeht. Da dieses nun nach allen Richtungen geschieht, so werden nicht nur die Wände von cc' , sondern auch Seiten- und Grundfläche des Kolbens p dabei theilhaftig. Der Druck auf die Seitenwände von p hebt sich auf, nicht so der auf die Bodenfläche desselben, da die entgegengesetzte Fläche außerhalb des Cylinders steht, und also keinen Gegendruck empfängt. Es wird also der Kolben p , insofern der-

Fig. 14.

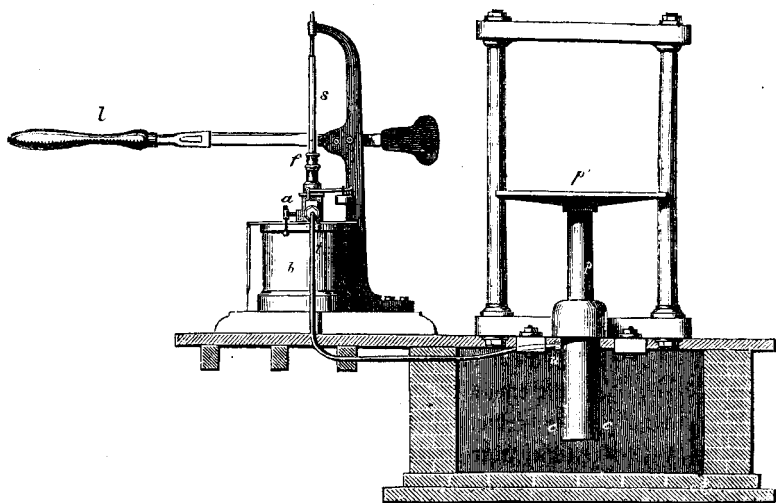
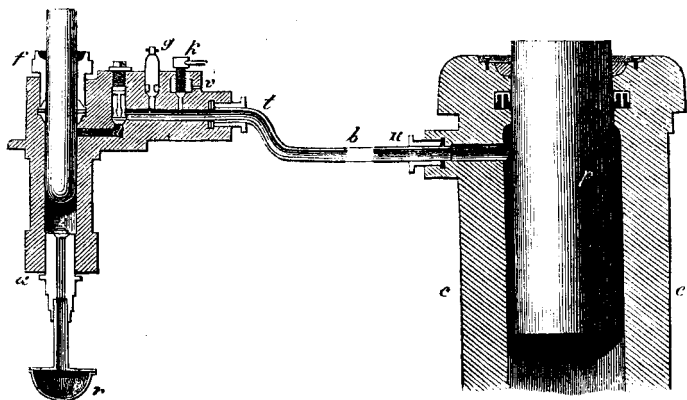


Fig. 15.

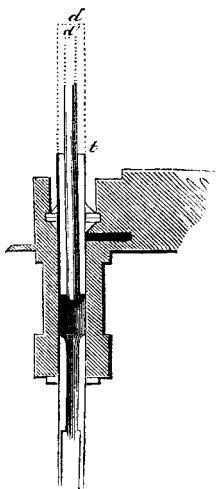


selbe in seiner Fiederung verschiebbar ist, durch einen Druck gehoben werden, welcher die Kraft des Pumpenkolbens so oftmal übersteigt, als sein Querschnitt in dem des ersteren enthalten ist. Ein Theil dieser Kraftäußerung geht übrigens durch die sehr bedeutende Reibung verloren. Das Sieb *r* ist zur Reinhaltung; *s* das Sicherheitsventil, *k* der Hahn, durch welchen die Maschine abgestellt und das Wasser bei *v* ausgelassen wird. Steierinfant

Hat eine Presse der Art, wie sie gewöhnlich angewendet werden, zum Querschnitt des kleinen Kolbens 0,5, des großen 113 Q.-Zoll, so entspricht dem bei gehöriger Bemannung ein Druck von 8000 Etr., welcher sich auf der Pressplatte vertheilt. Bei der Handhabung der Presse ist es eine gebieterische Nothwendigkeit anfangs sehr langsam zu Werke zu gehen und die Presse sehr allmählig zu schließen. Durch eine einfache Vorrichtung ist man nun noch überdies im Stande, anfangs mit geringerem Druck — d. i. dickerem Pumpenkolben — und erst ge-

Stearinsäure. gen Ende mit dem ganzen Druck — dem eigentlichen dünneren Kolben, zu arbeiten. Die Skizze Fig. 16 zeigt das Princip dieser Vorrichtung. Zwischen

Fig. 16.



dem Stiefel und Kolben der Handpumpe befindet sich ein hohlcylindrisches Stück *t*, welches durch Verschiebung von außen bald mit dem ersteren fest vereinigt, bald umgekehrt von diesem gelöst und mit dem Kolben verbunden werden kann. Man hat also gleichsam den Durchmesser des Kolbens im Laufe der Arbeit von *d* auf *d'* reducirt und den Druck entsprechend vermehrt.

Was aus der Presse abfließt, ist Delsäure mit einem Antheil von 10 — 15 % Stearinsäure, welche zu einer braungelben Butter erstarrt; die Presskuchen in den Tüchern von weißgelblichem Ansehen dagegen Talgsäure mit etwas Margarinsäure und 10 % Delsäure.

Zur vollkommenen Reinigung dient eine zweite ähnliche, aber liegende, sogenannte warme Presse, welche mit den zerbröckelten in frische Tücher eingeschlagenen Stearinsäurekuchen so beschickt wird, daß zwischen je zwei schmiedeeisernen Platten ein Tuch zu liegen kommt. Die Platten sind bis zum Augenblick, wo sie eingesetzt werden, in einem dampfgeheizten Kasten aufgehängt. Nach-

dem gehörig rasch eingesetzt worden, damit die Platten warm bleiben, schließt man die Presse gemach, wie beim erstenmale, und läßt sie so lange gespannt stehen, als noch Delsäure austropft. Der größte Theil der Margarinsäure geht, ihrer leichteren Schmelzbarkeit wegen (sie schmilzt bei 60°, die Talgsäure bei 70°) mit weg. Die Kuchen sind dünn, trocken, weiß und fast reine Stearinsäure. Die gelben Flecken, welche sich hier und da finden, wo der Druck nicht gehörig wirkte, werden sorgfältig ausgebrochen, das Uebrige bei gelinder Wärme zusammengeschmolzen, wo es nach dem Erkalten blendend weiße, perlmutterglänzende, alabasterartig durchscheinende Kuchen von stark krystallinischem Gefüge und elegantem Ansehen bildet.

Concentrirte Schwefelsäure (überhaupt jede starke Mineralsäure) besitzt die Fähigkeit, aus dem Talg — nämlich dem Olein und Stearin — die Säuren abzuscheiden. Es bildet sich schwefelsaures Glycerinorynd, welches sich in der wässrigen Flüssigkeit auflöst, und Talgsäure steigt mit Delsäure an die Oberfläche und können durch Pressen geschieden werden. Hauptsächlich weil eine starke Färbung der Masse — in Folge zu weit gegangener Zersetzung — nicht gut zu vermeiden ist, hat man diesen einfachen Proceß bis jetzt im Großen nicht auszubenten vermocht.

Die mit ziemlich viel Talg- und Margarinsäure gemengte Delsäure, welche stets als Nebenproduct erhalten wird, läßt sich gleich vortheilhaft zu Seife und zum Einsetzen der Spinnwolle verwenden. —

Wallrath.

Bei einigen sehr großen Cetaceen, besonders dem Pottsfische (*Physeter macrocephalus*) der Südsee finden sich eigene Höhlungen im Schädelknochen mit einer Art Thran (einer specifisch leichten Substanz) ausgefüllt, augenscheinlich dazu bestimmt, den Schwerpunkt des Thieres auf eine zum Schwimmen geeig-

netere Weise, weiter rückwärts in die Mitte des Leibes zu verlegen. Sogleich nach dem Ausfluß aus dem Schädel des getödteten Thieres beginnt der Thran eine Masse kleiner Krystallblättchen — den Wallrath — abzusetzen. Durch Pressen läuft der größte Theil des flüssigen Fettes, des Wallrathöls ab und durch Abspülen mit mäßig starker Kalilauge; welche den Wallrath nur schwer angreift, entfernt man den Rest. Der Rückstand, mit Wasser abgespült und darin zu Kuchen geschmolzen, bildet den Wallrath, wie er im Handel vorkommt. Ungleich reiner wird derselbe erhalten, wenn man die abgepresste Masse bei 100° schmilzt und mit etwas Potaschen- oder Sodaaufscheidung versetzt, worauf sich ein bläulicher Absatz ausscheidet und an den Boden lagert. Das klar Abgelassene wird zum Krystallisiren erkalten gelassen und derselben Operation aufs neue unterworfen, nämlich gepreßt und mit Lauge behandelt. Ein vortreffliches Reinigungsmittel endlich ist die Thierkohle, womit man den gepreßten Wallrath im Marienbade schmilzt; nur sind dabei für die Praxis sehr lästige Filtrationen (in erwärmten Räumen) nicht zu umgehen. Der gleichbedeutende Name *Spermacet* rührt von einer älteren irrigen Meinung her, nach welcher man unter dieser Substanz den Saamen der Wallfischarten (*sperma ceti*) vermuthete. Käuflicher Wallrath sieht sehr weiß, halbdurchscheinend, alabastrartig wie Stearin aus, fühlt sich specksteinartig an und ist dabei spröde und von blättrigkrystallinischer Textur. Sein specifisches Gewicht ist 0,943.

Der käufliche Wallrath ist, einen kleinen Rückhalt von Wallrathöl abgerechnet, ein eigenthümliches von den anderen chemisch verschiedenes Fett, Wallrathfett oder Cetin. Während dasselbe mit dem Talg die Del- und Margarinsäure gemeinschaftlich hat, ist dagegen im Cetin mit diesen Säuren anstatt Glycerin ein nur im Wallrath vorkommendes Dryd einer eigenthümlichen Radicalverbindung des Cetyl (= $C_{32}H_{66}$), nämlich das Cetyloryd (= $C_{32}H_{66}O$) enthalten. Es ist wahrscheinlich das Cetin eine Verbindung aus 2 Aequivalenten margarinsaurem Cetyloryd, mit 1 Aequivalent ölsaurem Cetyloryd. In derselben Art wie bei dem Talg Glycerinhydrat, so tritt beim Zerfallen des Cetins Cetylorydhydrat auf.

Das Wallrathöl ist gelblich, von schwachem, nicht gerade widrigem Geruch und zum Brennen in Lampen wohl geeignet.

Bei aller Aehnlichkeit im Aeußern und dem Gebrauch, muß das von gewissen Pflanzen secernirte Wachs von dem gleichnamigen Product unterschieden werden, was man der emsigen Gefelligkeit der Bienen verdankt. Der herrschenden Volksmeinung entgegen, hat es sich herausgestellt*), daß der von diesen Thieren eingetragene Blütenstaub ausschließlich zur Nahrung der Larven verwendet wird, dagegen der Leib der Bienen mit einem Organ ausgerüstet ist, durch welches die ihnen eigenthümliche Nahrung, der Honig (Zucker), sich in Gestalt von kleinen Wachschüppchen aussondert, um als Baumaterial zu Zellen und Vorrathskammern für denselben Nahrungstoff zu dienen, woraus sie durch den Lebensproceß chemisch gebildet wurden.

*) Nach Beobachtungen von Huber und Hunter.

Wachs.

Hat man sich nach Vertreibung des Bienenschwarms der Waben bemächtigt, so beginnt die Arbeit damit, daß man den freiwillig abfließenden »Tungfernhonig« auffammelt und den noch anhängenden geringeren Honig durch Pressen zu gewinnen sucht. Durch einfaches Ausschmelzen in siedendem Wasser und sehr langsames ruhiges Erkaltenlassen, erhält man die Wachs scheiben, welche in den Handel kommen, nachdem man die untere bröckliche Schicht — die niedergefallenen Unreinigkeiten, Blütenstaub etc., — abgeschabt hat. Das rohe oder gelbe Wachs, von einer zuweilen sehr blassen, zuweilen in's Graue ziehenden, in der Regel ziemlich tief braungelben Farbe *), ist im Bruch kurz, trocken, körnig und splitterig, nicht sehr knetbar und rein und frisch von lieblichem Honigeruch. Der hohe Preis dieser Handelswaare hat zu zahlreichen Verfälschungen angelockt. Erbsen-, Bohnen-, Stärkemehl (bis zu 60 % sind die häufigsten; selbst Ziegelmehl kommt vor. Alle diese sind leicht durch Terpenthinöl zu entdecken, worin sie ungelöst bleiben, die ersteren bilden mit Schwefelsäure Zucker. Harz läßt sich mit kaltem Weingeist nachweisen. Der allerschlimmste Betrug, nämlich der mit Talg, ist leider auch der am schwierigsten zu beweisende. Wenn man sich nicht durch den bloßen Geruch überzeugen kann, so verräth sich der Talg durch Fettsäure, die in den Zersetzungsgproducten einer Probe, welche man trocken destillirt, aufgefunden werden kann.

Die fremden, aus dem Blütenstaub und Honig stammenden Substanzen, von denen Farbe und körniger Bruch des Waxes herrührt, sind für die Beleuchtung durchaus störend und schon des Ansehens wegen unter jeder Bedingung zu entfernen. Dies geschieht durch das Bleichen. — Erfahrungsmäßig ist die Bleichbarkeit des Waxes verschiedener Herkunft und verschiedener Sendung sehr ungleich, weshalb es gerathen ist, durch vorläufige Versuche im Kleinen sich von dem Grade dieser Fähigkeit, wie derselbe den einzelnen Partien eines zur Bearbeitung bestimmten Quantum zukommt, in Kenntniß zu setzen, um sie darnach zu ordnen und classenweise in Arbeit zu nehmen. — Die Zerstörung der fremden Stoffe im Wachs kann in kurzer Zeit mit Hülfe bleichender Agentien bewerkstelligt werden. Schmilzt man z. B. das Wachs über verdünnter Schwefelsäure, so wird es zwar dunkler, aber höchst klar und durchscheinend; wenn es nun weiterhin mit einer verdünnten klaren Lösung von Bleichkalk geschmolzen wird, so entsteht eine schleim- oder seifenartige, trübe, dickflüssige Masse, aus welcher verdünnte Salzsäure das Wachs als farblose, klare Schicht an die Oberfläche scheidet, wo es zu einer vollkommen weißen Scheibe erstarrt. Vor der geprüften Erfahrung der Kerzenzieher hält solches Wachs leider nicht Stich; seine Weiße ist nicht haltbar und fällt ab. In ihren Bestellungen ist die Lieferung desselben ausdrücklich ausgeschlossen und nur sonnengebleichtes Wachs (nach dem gewöhnlichen, allgemein befolgten Verfahren) zugelassen.

Dieses beginnt damit, daß man das gelbe Wachs in einem Gefäße mit Decanthirhahn über Wasser schmilzt und unter stetem Umrühren mit etwas gepulvertem Weinstein (etwa $\frac{1}{4}$ %) vermengt, welcher ähnlich wirkt, wie eine verdünnte

*) Auf den Antillen soll sogar schwarzes Wachs vorkommen, was nicht gebleicht werden kann.

Säure, nämlich das Wachs klärend. Nach einigen Minuten Ruhe läßt man es nach einem zweiten Gefäß mit lauem Wasser ab, worin es in einer seinem Erstarrungspunkt nahen Temperatur erhalten wird. Vor diesem Gefäße befindet sich ein steinerner flacher Cylinder, oder eine Art runder Schleiffstein, zur unteren Hälfte in Wasser eintauchend. Das Abflußrohr mündet vermittelt einer abwärts gerichteten siebartig durchbrochenen Schlußscheibe senkrecht über dem Stein, der sich um seine Ase dreht und somit immer naß bleibt. Sobald der Hahn sich öffnet, regnet das flüssige Wachs in dünnen Strahlen nieder, welche sich auf dem nassen Stein abplatten und als dünne Bänder in das Wasser senken. Um dieses gebänderte Wachs zu entfärben, wird es auf in Rahmen gespannte Leinwand gebreitet und dem Thau und Sonnenlicht so lange ausgesetzt, bis diese nicht weiter wirken. Die Bänder sind alsdann nur noch im Innern gelb; um auch den Kern zu bleichen macht man den Kern zur Oberfläche und umgekehrt, das heißt, man schmilzt das Wachs um und wiederholt die Operation so lange, bis der Querbruch durchweg weiß erscheint.

Die Beobachtung der Wachsbleicher, nach welcher bei Regenwetter eingethanes Wachs einen grauen Stich behält, welcher nicht mehr zu beseitigen ist, ist ebenso schwer zu erklären als frappant.

Großer Zeitverlust — die Bleiche nimmt 3 bis 4 Wochen weg — Staub, Abfälle machen das Verfahren kostspielig.

Das gebleichte Bienenwachs wird für den Handel zu kleinen Scheiben von einigen Zollen Durchmesser und 2 bis 3 Linien Dicke ausgegossen, neigt in der Farbe nach dem Gelben, ist durchscheinend, knetbar, in der Kälte aber brüchig. Es besteht aus zwei durch Alkohol trennbaren Substanzen, dem Cerin und Myricin, deren Gewichtsverhältniß sich nicht gleich bleibt.

Unter dem Namen japanisches Wachs sind verschiedene weiße Wachsorten — wenigstens von verschiedener Schmelzbarkeit — im Handel zu verschiedenen Preisen, deren angebliche Abstammung von einer japanischen Pflanze, *Rhus succedania* L. aus der Anacardineenfamilie, noch zu beweisen steht. Es ist weicher und brüchiger als Bienenwachs, diesem im Ansehen sehr ähnlich, fühlt sich fettiger an und ist mehr talgartig, aber leicht knetbar; sein Schmelzpunkt ist bei 40° bis 42°. Wegen seines doppelt so hohen Sauerstoffgehalts steht es dem Bienenwachs im Beleuchtungswerthe nach. Noch mehr weicht es in seinen Bestandtheilen von diesem ab; es ist nämlich eine eigenthümliche fette Säure, Palmitinsäure ($C_{32}H_{62}O_2$), mit Glycerinoryd verbunden. — Nach Solly kann das vegetabilische Wachs leicht und wohlfeil durch Salpetersäure gebleicht werden. Zu dem Ende gießt man in das Gefäß mit dem geschmolzenen Wachs Schwefelsäure, mit dem doppelten Gewicht Wasser verdünnt, und wirft, während die heiß erhaltene Masse stets umgerührt wird, von Zeit zu Zeit einige Krystalle von Chilisalpeter (salpetersaurem Natron) hinein. Während sich dadurch schwefelsaures Natron bildet, dringt die sich reichlich und an allen Punkten entwickelnde Salpetersäure durch die Wachsschicht und zerstört darin die färbenden fremden Stoffe durch Drydation.

Der Saft sämmtlicher Arten des Pinusgeschlechtes aus der Familie der Coniferen, im frischen Zustande zuweilen vollkommen, zuweilen halb klar, farblos

Wachs.

Wax.

Harz.

oder gelblich, dickflüssig und aromatisch von Geruch, gehört unter die harzigen Pflanzenstoffe, welche man »Balsame« nennt und ist unter dem Namen Terpenthin bekannt. Derselbe ist eine Auflösung von einem Harze im Terpenthinöl, welche beide insofern chemisch in naher Beziehung zu einander stehen, als das erstere durch Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs auf das letztere entsteht. Wenn das Terpenthinöl = $(C_{20}H_{32})$ — wie man nach allen Versuchen nicht anders annehmen kann — eine Wasserstoffverbindung nach Art der Wasserstoffsäuren, d. h. eine Verbindung eines Kohlenwasserstoffs mit Wasserstoff ($C_{20}H_{30} + H_2$) ist, so ist die Bildung des Harzes nichts Anderes, als eine Hinwegnahme des Wasserstoffs (H_2) durch Sauerstoff, um damit Wasser zu bilden, und ein Hinzutreten von einer weiteren ebenso großen Quantität Sauerstoff an dessen Stelle. Das Harz des Terpenthins ist nämlich ein Gemenge von zwei Stoffen der Art von gleicher Zusammensetzung, welche sich den Säuren anreihen, der Sylvoinsäure ($C_{20}H_{30}O_2$) und Pininsäure ($C_{20}H_{30}O_2$). Verschiedenes Verhältniß des Oels zum Harz und gewisse äußere Kennzeichen unterscheiden die Terpenthine des Handels. Der gemeine Terpenthin aus *P. sylvestris* und *abies* (auch fetter Terpenthin genannt im Gegensatz zu Terpenthinöl, welches in den Gewerben schlechtthin Terpenthin heißt) enthält 5 — 25 % Oel, ist weniger klar und weißgelb, dabei leicht erhärtend. Der venetianische, aus *P. larix*, ist schön, klar und farblos, enthält 18 — 25 % Oel; aus *P. picea* stammt der mehr dünnflüssige Straßburger Terpenthin zu 33 % Oel. Der karpatische und ungarische stammen von *P. cembra* und *mugo*, der amerikanische (canadische) von *P. canadensis* und *balsamea*.

Sowie der gemeine Terpenthin an den Bäumen durch Eintrocknen oder Verharzung erhärtet, heißt er Fichtenharz oder weißes Harz. Es ist inwendig weich, außen trockner, knetbar und enthält noch 10 % Terpenthinöl. Wird derselbe bis zum vollkommenen Fluß geschmolzen und von den Holztheilen abgeseiht, so erhält man das (burgundische) Pech oder Schusterpech.

Um das Terpenthinöl zu gewinnen, welches viel werthvoller ist, als das Harz, unterwirft man den Terpenthin mit etwa $\frac{1}{4}$ Wasser in einer kupfernen Blase der Destillation. Sobald kein Wasser und Oel mehr übergeht, zapft man das geschmolzene Harz ab, um es durchzuseihen. Es bildet nach dem Erkalten eine, je nachdem man die Destillation mehr oder weniger weit getrieben, heller oder dunkler braune durchsichtige, spröde Masse, das Kolophonium oder Geizgenharz. Bei 69° fängt es an zu erweichen und wird knetbar, bei 135° wird es vollkommen flüssig. Unter Abschluß der Luft erhitzt entwickelt es (Leucht-) Gas, brennbares Oel und saures Wasser, indem etwa 0,75 % Kohle im Rückstand bleibt. Sein specifisches Gewicht ist 1,07 bis 1,08. Im Wesentlichen besteht das Kolophonium aus Pininsäure mit wenig Sylvoinsäure gemengt; die braune Farbe rührt von der leichten Zersetzbarkeit der Pininsäure her, welche dabei theilweise in eine andere Harzsäure, die Colopholsäure, übergegangen ist. Durch Zusammenschmelzen von 3 Theilen Kolophonium mit 1 Theil weißem Harz entsteht ein Harz, welches ebenfalls als Schusterpech in den Handel kommt.

Auf gleiche Weise, wie das Fichtenharz, werden auch neben den harz- und theerartigen Producten der trocknen Destillation des Holzes (s. Seite 27) gewisse

fossile Materien der Art verwendet welche theils flüssig, theils fest die Sand-, Thon- und Kalkablagerungen der secundären Formation imprägniren. In Genue soll man sich der Naphta einer benachbarten Quelle (Amiano) zur Straßenbeleuchtung bedienen; in größerem Maßstabe werden in Frankreich die bituminösen Schiefer von Autun (Dep. der Saône und Loire) zur Gasbeleuchtung ausgebeutet, welche man daselbst mit Wasserdampf destillirt. Sie liefern 10 bis 25, ja zuweilen 50 % mineralischen Theer, woraus man Gas bereitet. —

Es wurde bereits Seite 20 und 45 das Nöthige über dieses Material und die hier einschlagenden Eigenschaften in Erörterung gezogen. Zur Beleuchtung werden diejenigen Kohlen am besten taugen, welche in der trocknen Destillation das meiste und leuchtendste Gas geben; es sind dies im Allgemeinen diejenigen, welche sich sehr backend verhalten und wenig oder aufgeblähten Kohl hinterlassen, Umstände, von denen gezeigt wurde, daß sie nicht sowohl durch das Ueberwiegen von Wasserstoff angezeigt werden, als vielmehr mit der ganzen Constitution der Kohle im Zusammenhange stehen. In England bedient man sich zur Darstellung des Leuchtgases fast allgemein der Cannelkohle. —

Von den
Leuchtstoffen.

Wie schon angedeutet worden, bedient man sich im praktischen Leben je nach der Beschaffenheit und dem Verhalten der Materialien, obgleich im Ganzen mit Beibehaltung desselben Princip, verschiedener Wege und Einrichtungen, um sich damit künstliches Licht zu verschaffen. Alle Beleuchtungsmittel, welche Kohle oder sonstige Rückstände bei der Zersetzung hinterlassen, können nur für die Gasbeleuchtung dienen; die übrigen — welche keine oder nur Spuren von Kohlen geben — werden, wenn sie bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind (die Oele) in Lampen, wenn fest (Zalg, Wachs etc.), als Kerzen gebrannt.

Von der
eigentlichen
Beleuchtung
und deren
Einrichtungen.

Kerzen heißen aus festen Fetten geformte, fast immer cylindrische oder schwach kegelförmige Stäbe, in deren Ase ein Bündel paralleler oder geflochtener Baumwollfasern eingefügt ist.

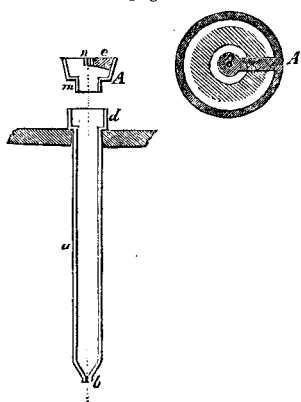
Von den Kerzen
und deren
Verzierung.

Wenn die Zalgkerzen durch wiederholtes Eintauchen des Dochtes in geschmolzenes Fett dargestellt sind, so nennt man sie »gezogen«, im Gegensatz zu den »gegossenen«.

Zogkerzen.

Zum Gießen sind neben den gewöhnlichen Formen von Metall (einer

Fig. 17.



Mischung aus Zinn und Blei), auch gläserne gebräuchlich. Die ersteren bestehen aus einem inwendig glatt gearbeiteten unmerklich sich verzüngenden Rohr Fig. 17. a, dessen unteres Ende in die offene Spitze b ausläuft. In die Lichterbank werden viele solcher Formen durch entsprechend gebohrte Oeffnungen eingefest und ruhen alsdann auf dem etwas unterhalb der oberen Mündung vorspringenden Wulste der Form in einer solchen Lage, daß die Spitze der künftigen Kerze abwärts gerichtet ist. Der Docht geht etwas beheb durch die

Talgkerzen. Deffnung *b*, wo er zugleich als Pfropf dient und wird oberhalb in der Kapsel *A* befestigt, welche als Einguß dient. Sie ist ein besonderer beweglicher Ansaß und paßt mit dem kurzen Rohr *m* genau in die Form. Von einem Punkt *c* des Randes aus ragt eine daran angegossene Nase *e* mit dem Dehr *n* in der Richtung des Radius einwärts, so daß die beiden Durchgangspunkte für den Docht, *n* und *b*, senkrecht über einander und dieser selbst genau in die Ase der Form zu liegen kommt. Das obere (in der Kerze untere) Ende des Dochtes im Dehre ist vorher mit Talg getränkt, um demselben mehr Halt zu geben. — Sonst, wo man sich der Kapseln nicht bedient, wie bei den Glasformen, steckt man einen kleinen Stift durch das schlingenförmige Ende des Dochtes, legt den Stift quer über den Formrand und zieht den Docht von unten straff an. Im Handel sind außerdem Kerzen gebräuchlich, bei denen der Docht an der Basis gar nicht sichtbar und dieselbe ganz massiv erscheint. Man wählt dazu den Docht etwas kürzer als die Form und befestigt den Docht vorläufig mit einer Fadenschlinge, welche später ausgezogen wird.

Welche Vorbereitung der Form man auch getroffen haben mag, in jedem Falle ist es erforderlich, unter der Hand eine entsprechende Quantität Talg zu schmelzen und »gußrecht« zu erhalten. Es kommt nämlich beim Guß darauf an, daß der Talg zugleich die Form vollständig füllt, beim Erkalten ganz bleibt — keine Sprünge zieht — und sich leicht aus der Form löst. Diese Bedingungen werden nur dann erfüllt, wenn die an der Wand befindlichen Fetttheile rascher als die inneren, das ganze Licht aber überhaupt in kurzer Zeit erkaltet — d. h. wenig schwindet. Deswegen eignet sich die kältere Jahreszeit am besten, ein gewisser Zustand des Talges aber ausschließlich — wie er ihn nämlich bei seinem Erstarrungspunkte oder einer diesem möglichst nahe liegenden Temperatur besitzt. Die Lichterzieher erkennen den gußrechten Talg an dem Erscheinen einer Haut an der Oberfläche, welche sich bei warmer Witterung zwischen 44° — 48° , bei gelinder bei 42° und bei Kälte ungefähr bei 40° bildet. Gewöhnlich schmilzt man den Talg für sich, Andere schmelzen ihn über einer Alaunlösung. Das Eingießen verrichtet man meist mit einer kleinen Kanne, weit besser aber mittelst eines blechernen Stechhebers. — Erst am Tage nach dem Guß lassen sich die Kerzen bequem aus der Form lösen, um dann an der Basis beschnitten zu werden; bei Anwendung der Kapseln fällt das ganze Stück weg, was dieselben ausfüllt.

Was das Ziehen der Lichter betrifft, so wendet man dabei zwei Gefäße an, eins zum Vorrathschmelzen, ein anderes mit gußrechtem Talg zum Ziehen. Die Dochte werden, je nachdem 6, 8 u. Kerzen aufs Pfund kommen sollen, zu 16, 18 u. an hölzernen Stäben, Spießen, hängend aufgereiht. Um diese Spieße während der Arbeit bequem und ohne Störung nach derselben Ordnung, nach welcher sie vorgenommen werden, aus der Hand und zum Abtropfen hinsetzen zu können, hat man neben sich ein Lattengerüste über einem flachen Untersatzgestiß, den Werkstuhl. Den Anfang der Operation bildet das Tränken der Dochte in heißem Talge, das sogenannte Auflaufen lassen. Kalter Talg würde die Fäden des Dochtes nicht gehörig durchbringen und längst bis zur folgenden Operation, dem Ziehen, festwerden. Die getränkten Dochte werden, entweder mit der flachen Hand, oder der Imprimirtafel, einem glatten

Brette, abgerundet und geschlichtet, endlich in derselben Ordnung wie beim Auf- Talgkerzen.
 laufenlassen vom Werkstuhl genommen und (immer spießweise) gezogen. Es be-
 steht dieses Ziehen darin, daß man dieselben in den nunmehr gußrecht abgekühlten
 Talg in kurzen Pausen, mit einer nur durch Uebung zu erlernenden Bewegung,
 nämlich rasch aber nicht ruckweise eintaucht, und auf die Werkbank zurückgiebt, um
 nach durchlaufener Reihe dasselbe, und zwar so lange zu wiederholen, bis die
 Kerze ihre gehörige Dicke erlangt hat. Dadurch, daß man die Kerze bei verschie-
 denen Zügen zu ungleicher Tiefe eintaucht und besonders gegen Ende (beim so-
 genannten »Wiederholen«) so lange im Talgbad läßt, daß der untere zu
 dicke Theil wieder abschmilzt, gelangt man dahin, gegen die natürliche Neigung
 des Talges, der sich unten immer dicker anzulegen strebt, als oben, der Kerze eine
 cylindrische Form zu geben. In einigen Gegenden pflegt man die Dochte an-
 statt an Spießen, am Umfang kleinen Scheiben anzuordnen, welche ihrerseits
 wieder an der Peripherie eines um eine senkrecht befestigte Axe drehbaren Rades
 geordnet sind, so daß in dem Maße, als das Rad gedreht wird, immer andere und
 andere Scheiben über den Talg zu stehen kommen und zum Ziehen ausgehängt
 werden können. Zur Nachbesserung der regelmäßigen Gestalt der Kerze bedient
 man sich eines nach dem Querschnitt derselben ausgerundeten erwärmten Blechs.

Ungleich mühsamer und beschwerlicher als das Gießen bietet das Ziehen
 dessenungeachtet den Vortheil, daß man ohne Schwierigkeit geringe Talgforten
 für den Kern, schöne Sorten für das Äußere der Kerze verwenden kann. —
 Endlich ist die bekannte Erfahrung zu erwähnen, daß frisch bereitete Kerzen den
 gelagerten bei weitem an Härte und somit an Güte nachstehen und außerdem
 leicht mißfarbig gelblich von Ansehen ausfallen, was man übrigens durch Aus-
 setzen an die Luft wegbleichen kann.

Das starke Schwinden nach dem Erkalten und feste Anhaften an die Ge- Wachskerzen.
 fäßwände macht das Wachs zum Gießen sehr wenig geeignet. Die bei den Kerzen-
 machern herrschende Arbeit ist mehr dem Ziehen der Talgkerzen ähnlich, nur daß man die
 Dochte, anstatt sie einzutauchen, vielmehr mit dem Wachs begießt; das Angießen.

Die in einem Ofen gewärmten Dochte werden an dem Kranze — einem
 über dem Schmelzgefäße aufgehängten Ring von Holz oder Metall — herum
 befestigt, und zwar in derselben Lage, welche ihnen in der Kerze zukommt. Un-
 ter stetigem Umdrehen des Dochtes um seine Axe mit den Fingern, setzt man den
 Gießlöffel mit ziemlich heißem Wachs, etwa 1½ Zoll unter die Schlinge an und
 läßt es langsam über den Docht laufen, schreitet dann durch Drehen des Kranzes
 zum nächsten Dochte, verfährt damit auf gleiche Weise u. s. f. Vor dem wei-
 teren Angießen werden die getränkten Dochte in umgekehrter Lage an den Kranz
 gehängt oder vielmehr an die Fäden desselben angeklebt, um aber die Schlinge
 — den Theil des Dochtes, der später aus der Kerze hervorsteht — von Wachs
 frei zu halten, wird über dieselbe ein Hütchen oder Röhrchen von Weißblech ge-
 streift. Mit dem Angießen fährt man nun, Docht nach Docht, fort, indem man
 dieselben nach einander wie zuvor zwischen den Fingern um ihre Axe dreht. Hat
 die Kerze am untern Ende (an der Basis) die gehörige Dicke, so findet eine Un-
 terbrechung Statt, um ihre Gestalt — sie verjüngen sich stark nach unten — zu
 verbessern. Dies geschieht dadurch, daß man die Kerzen noch warm — sie wer-

Wachskerzen. den zu dem Ende nach dem Abnehmen vom Kranze zwischen wollene Decken gelegt — auf einem angefeuchteten Tische mit dem Rollbrette rollt. Beim sogenannten zweiten Angießen (eigentlich der dritten Operation), dem Fertiggießen, hängt die Kerze umgekehrt wie vorher, also wieder mit der Schlinge, von der man das Hütchen abgestreift hat, nach oben; es erfolgt übrigens, gerade so, indem das Augenmaß der Arbeiter im Uebrigen leiten muß. Sobald die Kerze die erforderliche Masse erreicht hat, wird sie ein zweites Mal gerollt und nach dem Maße beschnitten. Wenn man eine erkaltete Wachskerze zerbricht, so kann man an den Ringschichten, gleichsam wie an Jahrringen beim Holz, die Anzahl der Angüsse abzählen. — Bei schwunghaftem Betriebe bringt man es auch wohl durch Übung dahin, der Zeitersparniß wegen, die Dochte — welche dann gleich anfangs mit der Schlinge nach oben gehängt sind — in einem weg fertig anzugießen.

Die großen Kirchenkerzen sind nicht gegossen, sondern aus Wachsplatten mit eingelegtem Docht zusammengebogen und gerollt.

Die langen, dünnen, über sich selbst aufgerollten Kerzen oder Wachsstöcke dagegen werden auf besondere Art gezogen. Der sehr gleichmäßig vorgeordnete, auf einer Trommel aufgewundene Docht geht nämlich durch die Wachspfanne — an deren Boden zu dem Ende eine Leitrolle angebracht ist — dann außerhalb derselben durch eine Ziehplatte, und von da auf eine zweite Trommel. Die Ziehplatte ist ganz wie das Ziehheisen des Drahtzuges, eine Metallplatte mit Löchern, welche dem Querschnitte des Wachsstockes entsprechen, also kreisförmig sind, wenn dieser walzenförmig, und sternförmig, wenn derselbe cannelirt werden soll. Der Docht läuft so lange durch immer enger werdende Ziehlöcher, bis die verlangte Dicke des Wachsstockes erreicht ist.

Stearin = und
Wallrathkerzen.

Stearinkerzen *) werden stets in Formen gegossen, obgleich man dabei fortwährend mit dessen Neigung zur krystallinischen Structur zu kämpfen hat. Reines Stearin, unter gewöhnlichen Umständen erkaltet, legt sich nicht an die Formwand an, sondern erhält eben durch Krystallisation eine unebene höckerige Oberfläche; es wird darum nicht als solches, sondern nur mit Zusatz von $1\frac{1}{2}$ bis 2 % Wachs verarbeitet. Die in dampfgeheizten Becken geschmolzene Mischung muß man unter stetem Umrühren so lange abkühlen lassen, bis sie milchweiß aussieht und eben noch flüssig ist. In diesem Zustande ist ein Theil bereits fest, zu kleinen Krystallnadeln gestanden, welcher im andern, dem noch flüssigen Rest, zertheilt schwebt, so daß das Ganze dickflüssig und milchig erscheint; so ausgegossen, liefert das Stearin Kerzen, zwar glatt und rein von Gestalt, denen dagegen zum größten Theil die gefällige Durchscheinendheit des reinen Stearins entgeht. Durch Ueberfahren mit einem in Weingeist getauchten Pappem erteilt man ihnen den erforderlichen Glanz **).

Auf ganz ähnliche Weise verhält es sich mit dem Gießen der Wallrathkerzen.

Sowohl Wachs- als Stearinkerzen werden an einem Orte der Sonne ausgelegt, wo sie zugleich vom Thau getroffen und dadurch allmählig gebleicht werden.

*) Nach einem Wiener Fabrikanten auch Millykerzen genannt.

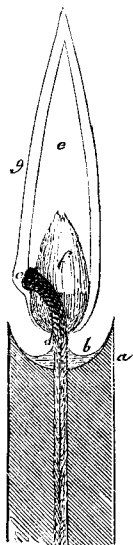
**) Der Gebrauch bei Stearinkerzen, zur rascheren Einäschung des Dochtes diesen mit weißem Arsenik (arseniger Säure) zu versehen, ist aus Rücksichten der Gesundheit durchaus verwerflich.

Die Kerze ist als ein wahrer Mikrokosmos der Beleuchtung anzusehen, worin die einzelnen dazugehörigen Functionen einander selbstthätig reguliren. Nur das wunderbare Sineinandergreifen der Einzelheiten, welche zur Vollendung des Hauptzwecks fortwährend in einander aufgehen, so wie lange Gewohnheit, lassen dem gewöhnlichen Beobachter (dem Wesen nach) einen und denselben Apparat, in einer gleichen Thätigkeit begriffen, weniger der Beachtung werth erscheinen, als z. B. die Gasbeleuchtung, die, frappant durch den großen Maßstab und den Aufwand in der Ausführung, Staunen erregt.

Vorgang der
Lichtenwid-
mung aus
Kerzen.

Bei einer in vollem Brennen begriffenen Kerze (Fig. 18. a.) findet man das Fett unterhalb der Flamme durch die fortwährend nach allen

Fig. 18. a.



Richtungen ausstrahlende Wärme zu einer beckenartigen Vertiefung *a* ausgeschmolzen. Sie bildet einen Sammelteich, worin ununterbrochen das durch die umgebende Hitze Nachschmelzende zusammenrinnt und von wo aus es zu gleicher Zeit zur Ernährung der Flamme nach dieser hingeführt wird. Weinake unter allen Bedingungen ist der Zuschuß an Nachschmelzendem über den Verbrauch überwiegend, und darum ein gewisser — sich stets erneuernder — Vorrath von geschmolzenem Fett *b* bemerklich. Begreiflicher Weise wäre es keine Sache der Unmöglichkeit, eine bloße Stange Talg oder Wachs für sich (ohne Docht) zum Brennen zu bringen; aber unter welchen Schwierigkeiten! Eine Fettmasse von der Dicke einer Kerze kann nur durch eine entsprechend große Hitze in Brand gebracht werden, wozu ein gewöhnlicher Zündspahn nicht ausreicht. Dagegen einer hinreichend heißen Flamme ausgesetzt, würde das Fett lange geschmolzen und abgelassen sein, ehe es bis zum Brennen erhitzt ist. Angenommen endlich, das Anzünden gelänge dessenungeachtet, so würde natürlicher Weise das Fett über dem ganzen Querschnitt in Brand sein und da-

her stets eine bei weitem größere Menge zur Flamme kommen, als dem gleichzeitigen Zufluß an Luft — der ersten Bedingung des klaren Brennens — entspricht; es würde eine große, trübe, qualmende Flamme entstehen, deren übermäßige Hitze wahrscheinlich das übrige Fett eher schmelzen und abfließen machen würde, als es Zeit fände, sich zu entzünden. Es würde endlich überflüssig sein, weiter auszuführen, warum eine Kerze nicht unten kann angezündet werden. Aus allem dem entspringt die unvermeidliche Nothwendigkeit, in jedem Augenblick des Brennens gerade so viel geschmolzenes Fett aus der Masse zu isoliren und der Flamme zur Verbrennung zuzuführen, als dort — bei der einmal gegebenen fortlaufenden Erneuerung der Luft um die Flamme — ohne Rauch verzehrt werden kann. Darin ist aber der Zweck der Döchte in seinem ganzen Umfang ausgesprochen, wobei man nicht übersehen darf, daß noch außerdem der isolirte Theil des Fettes nach der höher liegenden Flamme gehoben werden muß. Die Kraft, welche dieses Heben der Flüssigkeit bewirkt, ist die Haarröhrchen-Anziehung, insofern die Zwischenräume zwischen den Dochtfasern in großer Zahl solche capillare, röhrenartige Zwischenräume bilden,

Gang der
Lichtentw-
icklung der
Kerzen.

deren gewünschte Wirkung übrigens noch insbesondere davon abhängt, daß die zu hebende Flüssigkeit sich benehend gegen die Fasern verhält, was glücklicher Weise bei den Fetten in hohem Grade der Fall ist. Quecksilber z. B. würde anstatt zu steigen, in diesen feinen Kanälen vielmehr herabgedrückt werden. Neben möglichster Capillarität muß der Docht noch einer andern dringenden Anforderung genügen, die leicht zu ermessen ist. Die Flamme nämlich entwickelt sich immer an demjenigen Höhepunkt des freistehenden Dochtes, welcher zwischen dessen kräftigster Capillarwirkung und der richtigen Entfernung von übermäßigem Fettzufluß in der Mitte liegt, also stets in demselben Abstand vom Boden des Beckens *a*. Nach Maßgabe als die Kerze schwindet, muß die Flamme mit niedersteigen und den Docht hinter sich zurücklassen; dadurch würde derselbe allmählig — mit Unterdrückung des größten Theils der Lichtentwicklung — in der ganzen Länge der Flamme empor, oder darüber hinausragen. Die Dochte müssen deshalb, sofern die Kerze ihren Gang selbstthätig ordnet, sich in demselben Maße verkürzen, als die Kerze schwindet, d. h. sie müssen aus einem in der Hitze der Flamme verbrennlichen Stoffe gefertigt sein. Das im Handel befindliche Dochtgarb ist das weiche, schlichte baumwollene Gespinnst der Vorspinnmaschinen. Eine Strehne mit halb so viel Fäden als der künftige Docht wird doppelt zusammengelegt (so daß sich am einen Ende die aus jeder neuen Kerze hervorstehende Schlinge bildet) und mit der Hand so gerollt, daß dadurch eine spiralförmige Drehung der einzelnen Fasern entsteht, welche eine nachtheilige garbenartige Ausbreitung in der Flamme verhindert und dieselben zusammenhält. Ein unvermeidlicher in der Natur der Sache gelegener Umstand tritt jedoch dem regelmäßigen Niederbrennen des Dochtes entgegen. Vermöge seiner Stellung in der Ase derselben wird ihm nämlich, durch den eigenen Verbrauch der Flamme, ringsum die zum Verglimmen nöthige Luft streitig gemacht. Die Baumwollenfasern befinden sich lediglich in dem Fall der Verkohlung; verkohlt bleiben sie in der Flamme so lange, bis endlich die Spitze irgendwo aus der Flamme hervortretend, Luft findet, um verzehrt zu werden. Tritt dieser Fall, wie meist, zu spät ein, so setzt sich an die Spitze Ruß als schwammartige Schnuppe in Folge von Störung in der Flamme an, verbunkelt diese und fällt endlich in das Becken *a*, um dort neue Störung zu verursachen. Bei Wachs-, Stearin- und Walrathkerzen hat man sich auf sinnreiche Art dadurch geholfen, daß man die Dochte zopfartig flechtet, oder doch stark dreht. Die Spannung, in der sich die einzelnen Fasern in diesem Zustande befinden, nöthigt den freistehenden Theil des Dochtes, sich stark zu krümmen, wodurch die Spitze wie bei *c* noch zeitig genug aus der Flamme hervorsieht, um sich ununterbrochen einzuzüßern *). Freilich wird dadurch die Symmetrie der Flamme etwas verschoben, sie zieht sich mehr der Krümmung des Dochtes nach und schmilzt daher auf der einen Seite zu viel Fett, welches durch die kurz abgeschmolzene Wand

*) Palmer's Talglücker, eines Engländers Erfindung, beruhen auf diesem Grundsatz. Theils eine besondere Drehung der beiden Dochtälften, theils die schraubenartige Umwicklung dieser einzelnen Hälften mit einem dünnen Faden, nöthigen die beiden Enden, gabelförmig zu beiden Seiten aus der Flamme hervorzutreten, wo sie ununterbrochen abbrennen; die Leichtflüssigkeit des Talgs bewirkt mit der Ausbreitung der Flamme in den Palmer'schen Lichtern ein so starkes Abfließen, daß diese Einrichtung schon dadurch unverwundlich erscheint. —

des Beckens gerne abfließt. Bei den genannten Materialien ist dieses Abfließen wenig, dagegen bei dem um 20° — 30° leicht schmelzenden Talg in einem solchen Grade bemerklich, daß man für diesen niemals geflochtene Dochte anwendet, sondern das verkohlte Ende von Zeit zu Zeit mit der Lichtscheere kürzt. —

Vorgang der
Lichtentwid-
lung der
Kerzen.

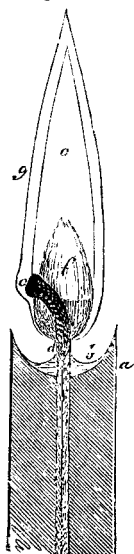
Wachs, Stearin und Walrath haben neben dem unwesentlichen Vorzuge, keine Fettflecken zu geben, sich trocken, nicht schmierig anzufühlen und eines dem Auge gefälligeren Ansehens, nach den wesentlichen, schwerer schmelzbar zu sein, eine Eigenschaft, welche vorzugsweise die Herstellung des Gleichgewichts zwischen der Menge des Fettes, welches die Flamme schmilzt, und derjenigen, welche sie in derselben Zeit consumirt. In der Ausübung neigt sich das Uebergewicht stets nach der ersten Seite; das Bad *b* überfüllt sich, durchfrisst die Wand von *a*, läuft ab und gesteht als ein Grat längs der Kerzenseite, welche sich dadurch einseitig verdickt.

Im Allgemeinen läßt sich sagen, daß bei keiner Kerze, welches Materials sie auch sei, jenes Gleichgewicht wirklich existirt; bei den Talgkerzen fehlt in der Regel sehr viel, weniger bei den anderen. Denn abgesehen, von der Schmelzbarkeit des Stoffs hängt dasselbe zunächst von dem Verhältniß der Fettmasse, d. h. der Dicke der Kerze zur Stärke des Dochtes ab, welches man annäherungsweise aus der langen Erfahrung entnommen hat. Die übliche Dicke der Kerzen ist deshalb nicht eigentlich etwas Willkürliches, Zufälliges, sondern in der Nothwendigkeit eines regelmäßigen Brennens Bedingtes. Ist der Docht im Verhältniß zu der ihn umgebenden Fettmasse zu stark — wie bei den Wachsstöcken, so bildet sich gar kein Becken und alle mit demselben verknüpften Vortheile gehen verloren. Im entgegengesetzten Fall — durchgängig bei den eigentlichen Kerzen, wird der etwas zu schwache Docht eine Flamme bilden, bei welcher die äußerste Schicht Fett außerhalb der Sphäre liegt, worin noch Schmelzung stattfindet. Es wird alsdann — wie man besonders bei den schwerer flüssigen Stearinkerzen leicht beobachten kann — eine dünne ringförmige Wand bis zu einer gewissen Höhe stehen bleiben, welche schon durch ihren Schatten schadet, mehr aber noch dadurch, daß sie allmählig unterfressen meist in das Becken einstürzt und durch Ueberfüllung desselben Ablaufen verursacht. Zu einem solchen Zeitpunkt sieht man oft das Becken gestrichen voll von flüssigem Fett, was plötzlich durchbricht. Einmal abgelassen, verdoppelt sich der Uebelstand, denn alles beim Herabrinnen zu Glaten erstarrte Fett ist noch weiter aus der Sphäre der Flamme entrückt. — Bei den sogenannten Nachtlichtkerzen aus Stearin oder Wachs, hat man von diesem Umstande, insofern die Rücksicht der Helligkeit untergeordnet ist, Vortheil gezogen. Dieselben sind bei gewöhnlichem Docht von unverhältnißmäßiger Dicke, in Folge dessen sich ein sehr hohes und tiefes Becken, also ein Ueberfluß von geschmolzenem Fett bildet, w. cher — indem zuviel vom freien Dochtstück eingetaucht ist — eine sehr kleine Flamme giebt. Sie sind außerdem, wegen der Sicherheit nur so kurz, daß sie in einem Wassergefäß aufrecht schwimmen. Den ganzen Verlauf des Vorgangs einer in Thätigkeit begriffenen Kerze zusammengefaßt, sind darin mehrere Perioden zu trennen: Die aus der Flamme entwickelte Hitze, zum größten Theil durch die Luftströmung nach oben entführt, wirkt nun zwar lediglich durch Strahlung noch in einem solchen

Vorgang der
Lichtentwick-
lung der
Kerzen.

Grade nach unten, daß dadurch eben hinreichend oder etwas mehr Fett geschmolzen wird, um die Ernährung der Flamme zu unterhalten. Solches wird zunächst durch den Docht vermittelt, dessen Capillarität unablässig thätig ist, das Flüssige aufzusaugen und in's Bereich der Zersetzung zu führen. Der untere

Fig. 18. b.



unverkohlte Theil des Dochtes (bis gegen *d* hin) dient als Saugpumpe, im ganzen oberen geschwärzten Theile hat die Zersetzung Statt. Das Fett nämlich, welches dahin gelangt, wird sogleich einer hohen Temperatur ausgesetzt, ohne unmittelbar mit der Luft in Berührung kommen zu können; es befindet sich in derselben Lage, als ob es in einer eisernen Retorte zwischen glühenden Kohlen eingeschlossen wäre, es wird der trocknen Destillation unterliegen. Die gas- und dampfförmigen brennbaren Producte derselben bilden den dunkleren Kern *f* der Flamme *), zwischen welchem und der umgebenden Luft die Sphäre der successiven Verbrennung sich befindet. Die — zu den Gasen in *f* — von unten nach oben zuströmende Luft verbrennt anfangs vorzugsweise den Wasserstoff und scheidet die Kohle als glühenden Ruß ab; dies geschieht in dem eigentlich leuchtenden Theil *e* der Flamme. Nach außen zu endlich, in der kaum und bläulich leuchtenden Hülle *g* der Flamme, findet die Verbrennung der Kohle Statt; die letztere ist besonders an der Basis bemerklich, welche dadurch nichtleuchtend erscheint, weil die Luft daselbst ihre ungeschwächte Wirkung äußert.

Jeder Antheil Talg, welcher im Augenblick oben verbrennt und leuchtet, dient zugleich, den folgenden Antheil zum Durchlaufen desselben Processes vorzubereiten. Die verschiedenen Zustände der Flamme lassen sich zum Theil durch einen ebenso interessanten als leicht anzustellenden Versuch veranschaulichen. Stellt man eine mit einem abwärts gerichteten Heber und einem aufwärts stehenden ausgezogenen Rohr versehene, im übrigen verschlossene und zuvor mit Wasser gefüllte Flasche vor eine brennende Kerze oder Lampe, so daß die Spitze des Rohrs genau in den dunklen Flammenkern *f* mündet, und läßt das Wasser durch den Heber langsam ablaufen, so füllt sich die Flasche mit den brennbaren Dämpfen in Gestalt von einem grauen Qualm. Die aus einer Stearinkerze erhaltenen verdichten sich größtentheils zu einer trocknen, weißen Fettsäure, nicht so die aus Del oder Talg. Beim Ausblasen geben diese Dämpfe eine, obgleich wegen mit eingesaugter Luft schwachleuchtende, deutliche Flamme. Schon mit einer gewöhnlichen Pipette ist der Versuch durch Saugen mit dem Mund, und zwar ohne Gefahr, ausführbar. Man sieht endlich ein, wie wichtig es ist, wegen des Abflausens möglichst festen Talg und nur vollkommen gereinigte Materialien anzuwenden, da alle Stoffe, welche sich bei der Zersetzung anders verhalten wie Talg oder Wachs, die Capillarröhren des Dochtes verlegen.

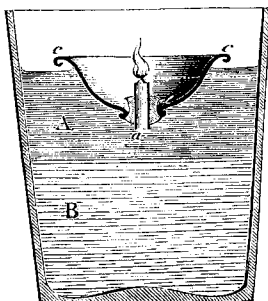
*) Eine dünne kreisförmige Querschicht dieser Gase in der Flamme isolirt gedacht, wird sich aufsteigend bewegen und während dessen, durch die vom Rande aus stets fortbauende Verbrennung an Durchmesser bis zum endlichen Verschwinden verringern. Die Geschwindigkeit dieser Verringerung zusammen mit der Geschwindigkeit des Aufsteigens (der Luftströmung) veranlassen die kegelförmige Gestalt der Flamme.

Der obere Theil einer Kerze, die Vertiefung mit dem freien Dochtende, die wir das Becken nannten, worin also das flüssige (geschmolzene) Fett gebrannt wird, ist dem Princip nach von den Lampen nicht verschieden, da die Lampen überhaupt nur Vorrichtungen sind, um bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Materialien (Fett) also Oele zu brennen. So wie bei den Kerzen, dreht es sich zunächst darum, so viel von dem Del zu isoliren, als zur Erzeugung der Flamme nothwendig ist. Der einfachste Fall, wodurch dies geschehen kann, ist die als Nachlicht dienende Vorrichtung Fig. 19. In einer über Wasser (B) stehenden Schichte Del (A) schwimmt ein Messingschälchen *cc*, in dessen tiefstem Punkte im Boden

Von den Lampen.

Die Nachtlampe ohne Docht.

Fig. 19.



ein Stückchen einer engen Glasröhre *a* mit einem Korkte eingefügt ist. Obgleich vor dem Brennen das Del darin von selbst bis über das äußere Niveau steigt, so wird doch — ein Beleg zu dem, was oben über den Docht angeführt wurde — die Capillarität des Röhrchens durch die Hitze vernichtet, es findet dann sogar Depression Statt. Um dieser zu begegnen, muß die Röhre so weit unter den Delspiegel herabgedrückt werden, daß durch den überwiegenden Druck des Dels von außen, die Depression im Inneren aufgehoben wird. Auf diese Art läßt sich die im oberen Theile von *a* isolirte Menge

Del entzünden und zum selbstständigen Fortbrennen bringen. Man sieht deutlich, wie das Del zunächst unter der Flamme siedet. Die Bedingungen, unter welchen das Del hierbei verbrannt wird, sind für die Beleuchtung — so entsprechend die Einrichtung dem Zweck der Nachtlampe ist — die allerungünstigsten; vor allem ist die Flamme bei weitem zu dürrig, um für die gewöhnlichen Vorrichtungen hinreichend Licht zu geben, bei weiteren Röhren aber giebt die Vorrichtung keine Flamme mehr. Ferner steht die Flamme so tief, daß nur die Decke, nicht aber die Region des Zimmers erhellt wird, worin man sich gerade aufhält. Beide, besonders der letzte Uebelstand, werden allerdings durch Anwendung von Dochten aufgehoben, oder eigentlich zunächst gegen ebenso gewichtige vertauscht. Die älteste Vorrichtung der Art, die Antiklampe Fig. 20. ist bei

Fig. 20.



aller künstlerischen Vollendung der Form, wie sie so häufig die Bewunderung der Kenner auf sich zieht, technisch betrachtet, die unvollkommenste. In einem gestreckten offenen oder geschlossenen Delgefäß liegt ein ungesflochtener runder Docht, welcher vorn am Schnabel von einer Dülle gehalten wird; der Docht hat also hier, wie bei den Lampen überhaupt, neben seinen anderen Bestimmungen, auch die sehr wichtige, als Apparat zur Regelung der Zufuhr an Leuchtstoff zu dienen. Derselbe erlaubt zwar der Flamme mehr Umfang zu ertheilen und dieselbe außerdem wegen seiner Capillarwirkung über den Spiegel des Dels und somit über das Gefäß selbst zu versetzen, aber nicht ohne neue Nachtheile. Zunächst ist augenfällig, daß der Spiegel des Dels stets mit dem Verbrauch sinken muß, wodurch dem Dochte zugemuthet wird, das Del auf eine Höhe zu he-

Die Nachts-
lampe ohne
Docht.

ben, welche seine Fähigkeit übersteigt. Die Flamme wird aus Mangel an Del düster werden und zuletzt verlöschen. Ferner wird bei der Dicke des Dochtes, wie sie einer ausreichenden Flamme entspricht, ein Mißverhältniß entstehen zwischen der Masse zersehten Dels, welches zur Verbrennung kommt, und der zuströmenden Luft. Da diese von außen nach innen kommt, so muß es im Querschnitt des Dochtes Fig. 21. einen Kern *a* geben, welchem alle frische Luft durch die

Fig. 21. Hülle *b* vorenthalten wird, so daß daselbst unverbrannte Theile, insbesondere Ruß, entweichen und Rauchen der Flamme verursachen. Endlich ist der Schatten des Delgefäßes zwar nach abwärts und der hinteren Seite gerichtet, aber noch immer sehr beträchtlich. Begreiflicher Weise wird ein solcher Schatten um so unbedeutender, je weiter man die Flamme vor das Gefäß herausrückt. Die gewöhnliche Küchenlampe, deren Einrichtung aus Fig. 22. und 23. von selbst erhellt, hat diesen einzigen Vortheil vor der Antiklampe voraus, weil durch den Schnabel der

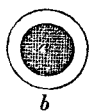


Fig. 22.

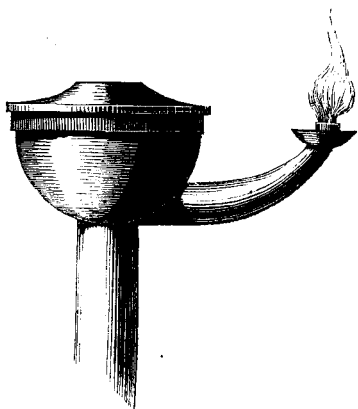
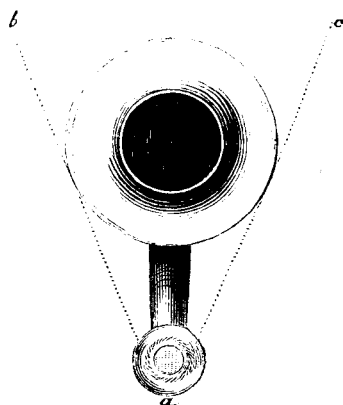


Fig. 23.



Abstand von Gefäß und Flamme vergrößert, oder Winkel *bac* beträchtlich spitzer wird. Sämmtliche Verbesserungen der Lampen, bis auf die neueste Zeit, schwierig in sich, und schwierig, weil sie für Jedermann berechnet und auch für ungeübte Hände gemacht sein müssen, sind als eine Reihe von Erfolgen anzusehen, womit ein bedeutender Aufwand an Scharfsinn vereint mit klarer Durchdringung der naturwissenschaftlichen Grundsätze nach und nach gekrönt wurde. Ein übersichtliches Studium dieses interessanten Stoffs macht die wesentlichen Punkte in die Augen springend, auf welche das Nachdenken der Erfinder, bald einzelne, bald mehrerer zusammengefaßt, bisher gerichtet war. Sie sind:

- a) Die Form (Querschnitt) der Dochte so zu wählen, daß die Quantität des zersehten Dels und die in derselben Zeit zugeführte Luftmenge in dasjenige Verhältniß kommen, welches der successiven Verbrennung des Wasser- und Kohlenstoffs entspricht, folglich kein Rauch entsteht.
- b) Den Abstand zwischen dem brennenden Theile des Dochtes und dem Delspiegel möglichst unveränderlich zu machen, damit nicht gegen Ende weniger Del aufgesaugt wird, als im Anfang.

c) Den Delbehälter an einen Ort zu verlegen, wo der Schatten gar keine Unbequemlichkeiten verursacht, oder so gut als gänzlich wegfällt. Hierbei ist nun der Zweck der Lampe stets maßgebend und das Gegentheil nicht immer als Fehler zu betrachten. So ist der Schatten der Wandlampen, weil er durch die Lampe selbst verdeckt wird, von keinem Nachtheil; eben so ist der Schatten hinter einer gewöhnlichen Studierlampe, insofern sie nur von einer Person benutzt wird, kein eigentlicher Fehler, obgleich seine Beseitigung stets eine Verbesserung bleibt.

d) Das der Flamme nach allen Richtungen entstrahlende Licht durch Sammel- und Rückstrahlvorrichtungen von da, wo es gar keinen oder geringen Vortheil bringt, ab, und dahin zu lenken, wo man seiner vorzugsweise benöthigt ist.

Die zuerst genannten Bedingungen unter a. hat man auf doppelte Weise zu erfüllen gestrebt, auf der einen Seite nämlich durch Regulirung des Luftzugs (der zuströmenden Luftmenge), auf der andern durch Abgleichung der Delzufuhr, häufig durch beides zugleich. Sie betreffen denjenigen Theil der Lampe, welcher der Brenner genannt wird.

Die scrupulöse Aufzählung der tausendfältigen, in der Mehrzahl unwesentlichen Einrichtungen und Modifikationen von Lampen, wie sie dem Publikum in den letzten 20 oder 30 Jahren übergeben wurden, kann nur eine müßige Anstrengung sein. Im Sinne des denkenden Beobachters sind deshalb im Folgenden nur diejenigen Erfindungen hervorgehoben, welche wichtige Fortschritte, oder gar Epoche in der Vervollkommenung bezeichnen. Wo sich dieselben nur auf einen einzelnen Theil beziehen, sind sie in ihrer Vereinzelung, im Uebrigen, wenn sie umfassender und auf mehrere Theile zugleich bezüglich, im Zusammenhang an der vollständigen Lampe entwickelt, um die Einheit der Anschauung nicht zu beeinträchtigen.

In den Rheingegenden ist unter dem Namen der Wormser Lampe die Fig. 24. und 25. abgebildete bekannt, und durch die Form des Dochtes *t* ausgezeichnet. Anstatt die Fasern zu einem runden Bündel zu ordnen, stellen diesel-

Die Nacht-
lampe ohne
Docht.

Die Wormser
Lampe

Fig. 24.

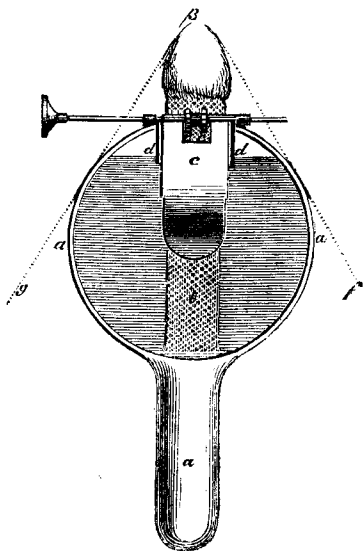
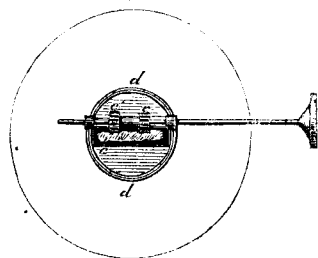


Fig. 25.



Die Wormser-Lampe.

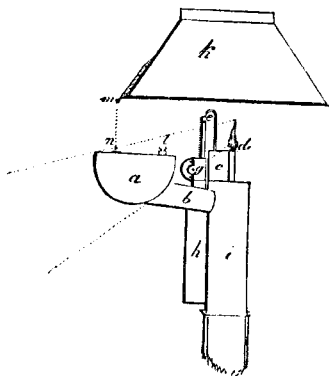
ben dadurch, daß sie bündelweise neben einander gelagert sind, ein flaches Band dar. Die Wirkung ist einleuchtend. An keinem Punkte werden die Ränder der Flammen so weit absteigen, daß sich im Inneren ein Kern befindet, welcher durch Mangel an Luft unvollkommen und rauchend verbrennt. Zum Festhalten des Dochtes dient die flache Dülle *c*; sie ist diametral in den breiten Blechring *d* gelöthet, welcher mit seinem umgebogenen Rand auf dem der Glasugel *aa* aufliegt. Eine wichtige, zugleich allen folgenden Lampen eigene Zugabe zu seiner flachen Form ist die Beweglichkeit des Dochtes. Die Zähne eines Triebes *e* und *e'* wie Fig. 25. deutlicher zeigt, sind vermöge eines Ausschnittes in der vordern Seite der Dülle etwas in den Dochtraum eingerückt, so daß sie den Docht einigermassen gegen die Rückseite anklammern. Je nach dem Sinne der Drehung des Triebes wird der Docht dadurch entweder gehoben oder gesenkt, mithin bald ein größeres, bald ein kleineres Stück des Dochtes im Brennen begriffen sein. In demselben Verhältniß wird in gleicher Zeit bei hohem Stande des Dochtes viel, bei niederem weniger Del zersezt werden, und es ist somit eine leichte Regulirung der Delzufuhr gegeben.

Mit dem Stiel *a* kann der Delbehälter in irgend einem Fuße befestigt werden. Außer dem sehr unbeständigen, stets sinkenden Delspiegel kann man dieser Einrichtung den Vorwurf zu großen, und in einer nachtheiligen Richtung gelegenen Schattens des Delbehälters machen, sofern der kegelförmige Raum zwischen *βf* und *βg* kein directes Licht erhält. —

Studirlampe.

An der gewöhnlichen Studirlampe Fig. 26. ist der Delbehälter *a* mehr flach, und anstatt unter, vielmehr neben und hinter der Flamme befindlich, wo-

Fig. 26.



durch der Schatten desselben weit jenseits der nächsten Umgebung der Flamme fällt und für Denjenigen, der sich vor der Lampe befindet, ganz und gar unschädlich wird. Der größte Theil des nach oben gehenden Lichtes wird von dem Schirme *k* aufgefangen und von jedem Punkte seiner inneren Oberfläche auf die gegenüberliegende Seite nach unten reflectirt. Die Neigung der Seiten des kegelförmigen Schirmes ist also nicht gleichgültig und muß gegen 60° betragen. Der Schirm ist in dem Gewerbe *mn* drehbar. — Die Bewegung des Dochtes *d* geschieht nicht von oben, wie in Fig. 24. u. 25, wo durch das Einklemmen desselben zu große

Verminderung der Delzufuhr und durch die Nähe des Triebes zu große Abkühlung verursacht wird, sondern von unten. Die Zange *u* Fig. 27, welche den Docht hält, ist fest mit einer Zahnstange bei *e* verbunden. Durch Drehen des Triebes *o*, steigt diese und mit ihr der Docht auf und ab; der Trieb spielt in dem besondern Gehäuse *g*, die Zahnstange ebenfalls darin und in *h*, während Zange, Drahtstange und Docht, vermöge eines besondern rechtwinklig angelegten Theils *c* Fig. 28. im Brenner Raum finden. Dieser und der Delbehälter communiciren durch das Rohr *b*; *i* ist der Mantel um den Brenner. Die beschriebene Dochtbewegung durch Trieb und Zahnstange ist mit mannichfaltigen Abänderungen den meisten Lampen eigen. Ebenso verhält es

Fig. 27.

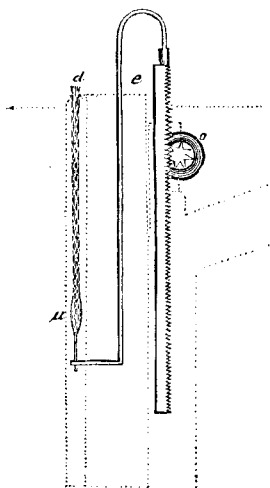


Fig. 28.

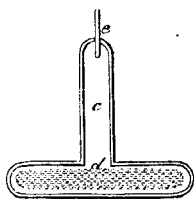
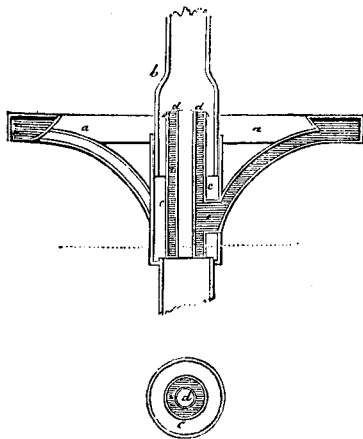


Fig. 29.



sich mit dem Stöpsel *l* auf der Oeffnung zum Nachfüllen, welcher durchbohrt sein muß, damit die Luft nicht etwa den Delspiegel im Brenner niederdrückt.

Die Astrallampe Fig. 29, als Skizze dargestellt, wurde von Bordier-Marcet in der Idee construiert, das Sinken des Delniveaus und somit die daraus erfolgende Abnahme der Flamme durch einen möglichst flachgehaltenen Delbehälter — worin also eine größere Quantität Del nur eine sehr unbedeutende Höhe einnimmt — so unsichtbar wie möglich zu machen. Es ist einleuchtend, daß der ringförmige flache Delbehälter auch nur einen schmalen, wenig störenden, freilich nach allen Seiten fallenden Schatten giebt. Dabei ist seine der Flamme zugekehrte Fläche *aa* so geneigt, daß sie wie ein Schirm wirkt. Der Brenner ist der Astrallampe nicht eigenthümlich, sondern die bekannte von Ami Argand 1789 gemachte und nach ihm bekannte Erfindung, welche als die bei weitem hervorragendste im Beleuchtungswesen bezeichnet werden muß. Der Argand'sche Brenner mit doppeltem Luftzuge besteht aus zwei in einander geschachtelten Blechcylindern *c* und *d*; in dem ringförmigen unten geschlossenen Zwischenraum *i* befindet sich das Del und der hohlgewebte Docht; letzterer ist zwischen zwei Ringe eingeklemmt, welche mit dem Triebe zusammenhängen. Der innere Cylinder ist oben und unten offen. Die außerordentlichen Vortheile

dieser Anordnung lassen sich mit Leichtigkeit übersehen. Während bei den vollen (massiven) Dochten, wie bereits näher erwähnt, in der Mitte der Flamme ein Kern vorhanden ist, welcher aus Luftmangel schlecht leuchtet und raucht, leitet der hohle Docht einen Luftstrom gerade an diese Stelle hin, so daß sich die Flamme zwischen zwei concentrischen Strömen der Art befindet. — Die Strömung, welche eine freibrennende Hohldochtflamme in der Luft hervorbringt, also die natürliche Speisung damit, ist für den gewöhnlichen Lichtbedarf bei weitem nicht zureichend. Sobald man nämlich durch Heben des Dochtes die Flamme hinreichend zu vergrößern sucht, wird

sie einen starken Qualm ausstoßen, und umgekehrt, wenn man sie so regulirt, daß sie keinen Rauch giebt, dürftig und schwach sein. Argand war übrigens der Mann,

Die Argand-
lampe.

welcher es verstand, seiner Erfindung durch den glücklichen Gedanken des künstlichen Luftzugs die wahre praktische Weihe zu geben. Das Princip ist gänzlich das der Kamine. Eine an der Außenseite des Brenners angebrachte Gallerie trägt einen geraden Glaszylinder *), welcher den inneren und äußeren Luftzug umfassend, gleichzeitig auf die Geschwindigkeit beider nach Maßgabe seiner Höhe belobend einwirkt. Nunmehr entspricht der Punkt des anfangenden Rauchens einer viel größeren Höhe der Flamme. Ein hierbei zwar zunächst nicht beabsichtigter, aber sehr erspriesslicher Gewinn liegt in der größeren Stetigkeit derselben, welche das Zugrohr bedingt. Wo Zugluft eine freie Flamme trifft, entsteht vermöge der durch Abkühlung und Ablenkung der Flamme herabgestimmten Verbrennung sogleich ein Flackern mit Rauch; im Argand-Brenner dagegen ist die Speisung der Flamme mit Luft, indem man die Hitze der Flamme als bewegende Kraft thätig sein läßt, selbstständig geworden. Das Zugrohr schützt vor jeder directen Störung und die mittelbar an den Zugöffnungen stattfindende, ist im Inneren so gut wie gar nicht fühlbar. Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß die geraden Argand'schen Cylinder, während sie dem Mangel an Luftzug abhelfen, dabei in das andere Extrem fallen und die Flamme mit einem schädlichen Uebermaß an Zug benachtheiligen. In diesem Sinne trat L a n g e bald nach dem berühmten Erfinder mit einer wesentlichen Verbesserung auf; sie besteht darin, daß der Durchmesser der Zuggläser in einer gewissen Höhe über dem Brenner bei *b* sich plötzlich um einige Linien zu einer sogenannten Schulter wie in Fig. 29. und Fig. 29. a. verjüngt. Der Luftstrom,



Fig. 30.

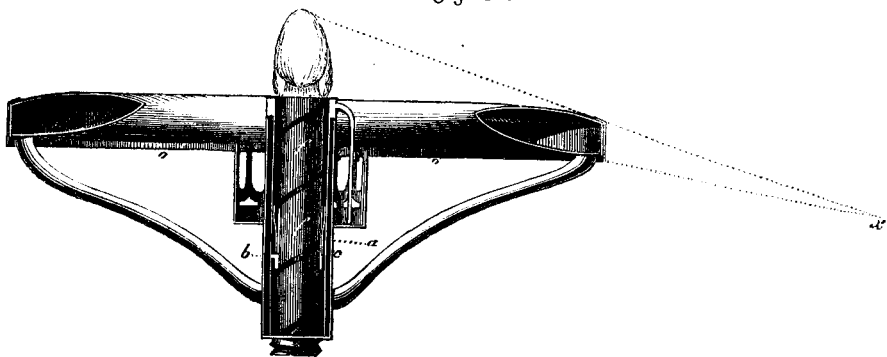


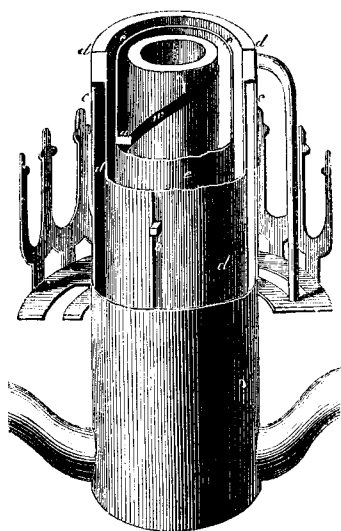
Fig. 31.



in dem einfachen Cylinder parallel mit dessen Axe sich bewegend, wird an einer solchen Schulter gebrochen und unter einem gewissen Winkel in die Flamme hineingeführt. Die Speisung geschieht also in diesem Falle mit weniger Luft von einer wirksameren Richtung, indem derjenige Theil des Stromes, welcher ohne an der Verbrennung Theil zu nehmen, die Flamme unnützer Weise abkühlte und an der inneren Cylinderfläche entlang ent-

*) Die ursprünglich von Argand benutzten Kamine waren schwarzblecherne über der Flamme angebracht.

Fig. 32.



wich, größtentheils wegfällt. Die Zuggläser sind übrigens auf alle Brenner, mit plattem, hohlem und halbrundem Docht anwendbar.

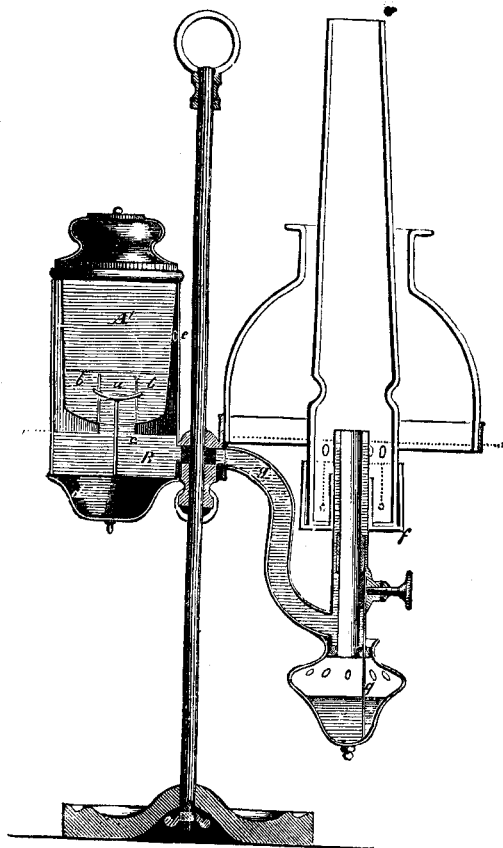
Wenn die Astringlampe als Hängelampe benutzt wird, so fällt der Schatten des Kranzes mehr nach der Decke, nicht so bei stehenden. Durch eine sinnreiche Abänderung ist es Phillips gelungen, in seiner Sinumbralampe Fig. 30. und 32. (sine umbra) jenen Schatten selbst für die letztere Gattung unmerklich zu machen, und zwar durch den eigenthümlichen Querschnitt des Kranzes *a*. Seine drei Flächen stoßen in Form eines sehr flachen Keils zusammen, dessen Schneide nach der Flamme hin gerichtet ist. Zugleich ist die Stellung der letzteren gegen den Kranz eine solche, daß zwei den Kranz tangirende, von Spitze und Basis der Flamme aus gezogene Linien, einander schon

wenige Zolle hinter diesem, bei *x*, schneiden. Weiter hinaus kann der Kranz keinen Schatten werfen; aber selbst in dieser kurzen Strecke wird derselbe fast gänzlich durch eine vasenförmige mattgeschliffene Glasglocke aufgehoben, welche auf dem Kranz ruhend, das Zugglas umgiebt und das empfangene Licht nach allen Seiten hin zerstreut. Die Einrichtung der Dochtbewegung des Sinumbrabrenners ist originell und beachtenswerth; Trieb und Zahnstange fallen dabei weg. Dafür ist der innere Cylinder *f* an seiner Außenfläche mit einem vertieften steilen Schraubengang versehen, in welchen der kurze Stift oder die Nase *a* des Dochthalters *e* paßt. Wird daher letzterer um seine Ase gedreht, so bewegt sich der Stift der Schraube entlang und nöthigt *e*, auf- oder abzusteißen. Vermöge seiner Lage im Brenner ist aber *e* den Fingern unzugänglich und kann nicht unmittelbar gedreht werden; es geschieht dies aber mittelbar durch den beweglichen Blechcylinder *d*, welcher seiner ganzen Länge — der des Brenners — nach mit einer Spalte versehen ist, in die ein zweiter an der Außenseite von *e* angebrachter Stift *b* eingreift. Bei dieser Disposition kann nun *d* zwar jederzeit frei auf- und abbewegt, aber nicht gedreht werden, ohne den Dochthalter mitzunehmen und dadurch steigen oder sinken zu machen. Um nun *d* seinerseits bequem und sicher vor der Flamme drehen zu können, ist es mit der Gallerie des Zugglases in festem Zusammenhang, indem es oben in einen 2 — 3 Linien breiten dicken Ring endigt, der sich auf den Rand des — zu dem Ende um ebenso viel niedriger gehaltenen — Cylinders *c* auslegt und diesen zur vollen Brennerhöhe gleichsam ergänzt. In jenen Ring sind nun die Tragstäbe der Gallerie eingelassen. Dreht man daher diese letztere mit der Hand, so dreht man zugleich *d* und somit den Dochthalter, welcher dadurch auf- und absteigt. Leichtigkeit der Bewegung zeichnen diese Vorrichtung aus, bei welcher ein Einklemmen und Zwängen des Dochtringes nicht vorkommen kann.

Sinumbralampe.

Alle bisher beschriebenen Lampen haben den Uebelstand gemeinschaftlich, daß sich der Delbehälter — wenigstens bis auf einige Linien — immer im Niveau des Brenners, also da befindet, wo er gerade den allernachtheiligsten Schatten wirft. Eine ganze Reihe von Constructionen sind darum aus dem Bestreben der Erfinder hervorgegangen, diesen Behälter entweder um ein Beträchtliches über die Flamme zu versetzen — wo alsdann der Schatten an die Zimmerdecke fällt — oder tief unter die Flamme, wo derselbe unter den Fuß der Lampe kommt. Beide Auskunftsmittel gebären aber, sowie sie angewendet werden, neue, zum Theil bedenkliche Schwierigkeiten: das Erstere macht es nothwendig, den Zufluß des zum Brenner niederfließenden Dels genau zu reguliren. Den gewöhnlichsten und verbreitetsten Fall der Art giebt die Fig. 33. abgebildete Stehlampe. Der Del-

Fig. 33.



behälter *A* ist eine bewegliche Blechflasche, an ihrer Mündung durch ein Ventil *a* verschließbar, welches sich zwischen den Leitstäben *b b* bewegt. In der aufrechten Stellung fällt das Ventil zurück und giebt die Oeffnung zum Füllen frei; hebt man nun das Ventil an seinem Stiel wieder auf, so schließt es die Oeffnung und die Flasche kann umgestraft umgekehrt und an Ort und Stelle in den Mantel *B* (wie in der Figur) eingesenkt werden. Dort angekommen, ändert sich der Stand der Dinge sogleich. Der Stiel des Ventils nämlich ist so lang, daß dasselbe durch sein frühzeitiges Aufstoßen auf den Boden *d* des Mantels gehoben wird. Das Del wird also einige Secunden ausfließen, bis es in dem Mantel so hoch gestiegen ist, daß es die Oeffnung der

Flasche *A* versperret. Von diesem Augenblick an ist Gleichgewicht, und da man die Mündung von *A* mit der des Brenners gleich hoch gerichtet hat, ist dieser in dem nämlichen Augenblick auch gerade angefüllt worden, weil die Verbindung durch das Rohr *g* besteht. Die Lampe hat nunmehr eigentlich zwei Delbehälter, einen unteren, der den Brenner unmittelbar speist, und einen oberen,

die umgestürzte Flasche, welcher die Bestimmung hat, den Verbrauch im unteren von Zeit zu Zeit zu ersetzen. So lange das Niveau des Oels in *B* unverändert, also die Mündung von *A* verschlossen bleibt, kann keine Luft in *A* eindringen und der ganze darin befindliche Oelvorrath wird von dem Gegendruck der Atmosphäre in der Schwebelage gehalten. Nach erfolgtem Anzünden dagegen sinkt das Oel nach einiger Zeit unter die Mündung: einige Luftblasen treten ein, um den Platz von ebenso viel Oel einzunehmen, welches ausfließend, das Niveau in *B* wieder bis zum Sperren der Mündung steigen macht. Dasselbe Spiel wiederholt sich so lange, als noch Oel in *A* vorrätig ist.

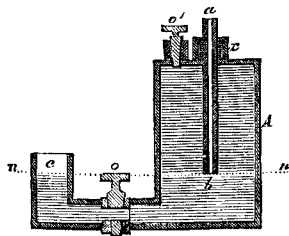
Lampe mit
Sturzflasche.

Die übrigen Theile der Lampe sind leicht verständlich, *f* ist die Gallerie für den Cylinder (dessen eigenthümliche Form weiter unten erörtert wird) *g* die Kapselfür die Zahnstange und *e* eine Oeffnung im Mantel, um der Luft den Zutritt in's Innere zu erleichtern.

Bei einigem Nachdenken wird man sogleich finden, daß bei allen ähnlichen Lampen vermöge der besonderen Einrichtung der Oelflasche der Stand des Oels im Brenner zwar noch nicht gleich bleiben, aber doch abwechselnd um ein Geriniges sinken wird, um gleich darauf seine höchste Stellung wieder einzunehmen, während bei den Lampen der vorher beschriebenen Art dem Dochte das Geschäft des Auffaugens durch das ununterbrochene Sinken des Oelspiegels mehr und mehr erschwert wird.

Das in Rede stehende Princip ist in manchem Sinne zweckdienlicher, wie z. B. in Fig. 34., bei einem einfachen Gefäß ohne Mantel in Anwendung gebracht worden.

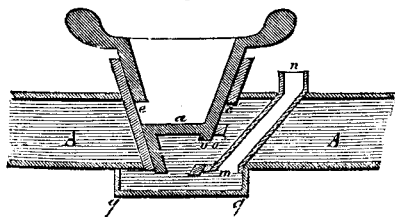
Fig. 34.



Der Mündung der beweglichen Oelflasche entspricht hier die untere Oeffnung *b* des Rohrs *ab*, welche durch eine Stopfbüchse *x*, luftdicht aber verschiebbar durch den Deckel von *A* geht. Das im Brenner *c* verzehrte Oel wird durch das (über dem Niveau *nn*) in *A* befindliche Vorrathsoel ersetzt, an dessen Stelle alsdann die Luft blasenweise durch *b* eintritt. So wie der Oelverbrauch in *cb* aufhört, dringen keine Luftblasen mehr ein und umgekehrt. Da der Stand des Oels im

Brenner von dem Stande der Mündung *b* abhängig ist, so läßt sich dieser wegen der Verschiebbarkeit von *ab* auf's genaueste dem Bedürfnis anpassen. Die Hähne *o* und *o'* dienen nur beim Füllen.

Fig. 35.



Auf Kranzlampe findet dieses Princip entweder auf dieselbe Weise oder in einer viel compacteren Form mittelst des Caron'schen Hahns Fig. 35. Anwendung. Die conische Lilie des Hahns ist vollkommen hohl, in einem gewissen Abstände von der Mitte mit einem Querboden *a* versehen, der die Höhlung in zwei ungleiche Theile theilt. Im oberen Theile ist die runde Sei-

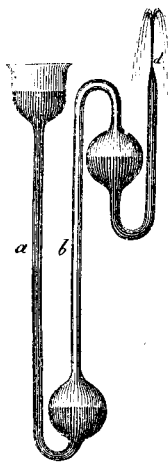
Lampe mit
Sternflasche.

tenöffnung e der im unteren Theile befindlichen o gegenüber angebracht; e' und o' sind die correspondirenden Oeffnungen in der Hülse. In der abgebildeten Stellung ist e verschlossen, dagegen o in freier Communication mit dem Vorrathsöl im Kranze AA . Als solches muß nämlich die ganze Quantität bezeichnet werden, welche über der Mündung m des Rohrs mn liegt, entsprechend dem Rohr ab der Fig. 34. In den Ansatz qq mündet außer mn noch das Seitenrohr, welches den Brenner speist. Durch die entgegengesetzte Stellung des Hahns wird der Raum A (durch Schließen von o) gegen den Brenner und zunächst qq abgesperrt, während derselbe Raum A durch die nunmehr freie Oeffnung von e gefüllt werden kann.

Mit der Verlegung des Delbehälters in den Fuß der Lampe — wodurch der Schatten ganz beseitigt wird — begiebt man sich des wichtigen Vortheils, den das freiwillige Nachfließen (der Fall) des Dels bietet, mittelst dessen es leicht nach dem Brenner hingeleiter werden kann; es muß nunmehr im Gegentheil in gleichem Maße als die Verzeehrung stattfindet, nach demselben gehoben werden. Die Lampen der fraglichen Art sind nun gerade durch die sinnreichen aber auch sehr zusammengesetzten Hebapparate interessant, welche sich theils auf hydrodynamische, theils auf hydrostatische Sätze gründen, theils auch bloße mechanische Vorrichtungen sind.

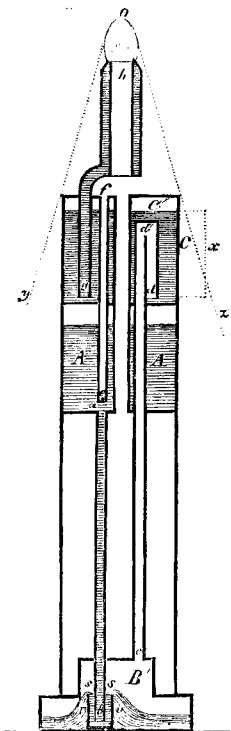
Auf denselben Voraussetzungen wie der Windkessel einer Feuerspritze, oder mehr noch der sogenannte Heronsbrunnen Fig. 36., beruht die von Girard angegebene (»hydrostatische«) Lampe. Bekanntlich wird bei den genannten Vorrichtungen der in irgend einem Gefäße erzeugten Druck in ein anderes beliebig entferntes Behälter durch zusammengepreßte Luft übertragen, um daselbst eine Flüssigkeit aus der Stelle, z. B. in die Höhe zu drücken. Im Heronsbrunnen wird der anfängliche Druck durch die aus dem darüber befindlichen Gefäße gespeiste Wassersäule a erzeugt; die zwischen dem unteren und c eingeschlossene Luft, dadurch zusammengedrückt, wirkt auf den Spiegel der Flüssigkeit in c und nöthigt diese auf eine entsprechende Höhe nach d hin zu steigen. Alle diese Theile sind auch der Girard'schen Lampe gemein, aber der Raumersparniß wegen so in einander geschachtelt, wie es die Skizze Fig. 37. mit Hinnweglassung des Außerswesentlichen wiedergiebt. A ist das Speisungsgefäß für die drückende Delsäule im Rohr ab , B das untere Gefäß mit der eingeschlossenen Luft (B'), welche den von ab empfangenen Druck durch cd in den Behälter C ,

Fig. 36.

Girard's
Lampe.

und zwar zunächst auf dessen Luftgehalt C' überträgt. So lange also Druck von ab ausgeht, wird auch die Luft C' das Del in C im Rohr gh auf eine entsprechende Höhe (zum Brenner) steigen machen. Es hängt also diese Höhe vom Gleichbleiben des Druckes überhaupt, mithin zuletzt von der gleichbleibenden Höhe der Delsäule ab ab, welche das Spiel des Ganzen jeden Augenblick von oben und unten zu verkürzen strebt: von oben durch das Sinken des (Druck-) Dels in A , von unten durch das Steigen desselben in B . Um das Erstere, wenigstens

Fig. 37.



für die abendliche Brenndauer zu verhüten, ist das Gefäß *A* nach Art des in Fig. 34. beschriebenen Delbehälters mit einem ähnlichen Rohre *ef* versehen, dergestalt, daß der Höhepunkt der drückenden Delsäule mit der Mündung *e* zusammenfällt und alles darüber befindliche Del als Vorrath betrachtet werden muß, welcher jene Säule speist. Dem Letzteren dagegen wird durch das enge Gefäß *o* vorgebeugt, welches die Mündung *b* umgiebt und sich nach wenigen Augenblicken von dem aus *A* abfließenden Dole bis zur Höhe *ss* füllt, als der nunmehrigen gleich hoch bleibenden Basis der Säule. Beide Vorrichtungen wirken so lange, bis das Del in *A* unter *e* gesunken und in *B* außerhalb *o* über *ss* gestiegen ist. — Bei der erforderlichen Höhe der Lampen würde der Druck der Säule das Del auf eine größere Höhe heben, als wünschenswerth ist. Will man daher eine übermäßige Länge des Brenners vermeiden, so biegt man — wie in der That durch Girard geschehen — das Rohr *cd'd* heberförmig um, wodurch das Del in *ef* gerade um soviel weniger steigen wird, als *d* unter dem Flüssigkeitsspiegel in *C* liegt, also um *x*. Die Druck-

Girard's
Lampe.

kraft wird nämlich zuerst dazu verwendet, die Delsäule *x* zu bewältigen, und nur der Ueberschuß wirkt hebend in *gh*; es wird also gerade so sein, als ob die Hebung in *gh* nicht vom Spiegel des Dels in *C*, sondern von *g* an wirke, da $gh = ess$ ist. — Vielleicht gelingt es späteren Versuchen, das Princip der Girard'schen Lampe in einer für die tägliche Praxis geeigneteren Gestalt in Anwendung zu bringen; bis jetzt wenigstens ist es gerade der Mangel einer solchen, welchem ihre geringe Verbreitung zugeschrieben werden muß. Die folgenden Punkte verdienen am meisten hervorgehoben zu werden: einmal, wie leicht zu ersehen ist, ist der Gang der Lampe nicht unabhängig von den Wärme- und Druckveränderungen der Atmosphäre. Wachsender Druck (Steigen des Barometers) und sinkende Temperatur werden den Umfang der in *B* und *C* eingeschlossenen Luft vermindern und ein vermehrtes Austreten des Dels von *A* nach *B* bewirken. Fallen des Barometers und vermehrte Temperatur dagegen werden das Umgekehrte, und dadurch ein Austreten des Dels aus dem Brenner verursachen. Der Einfluß der Wärme ist der stärkere; beide können aber durch geeignete Verhältnisse wenigstens für die Dauer eines Abends unsühlbar gemacht werden. Ein anderer größerer Mangel entspringt aus der Lage und Gestalt des Gefäßes *C*, woraus — wie die obige Skizze zeigt — lediglich die Speisung des

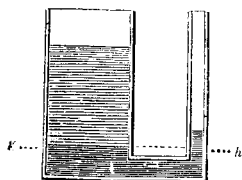
Girard's
Lampe.

Brenners stattfindet, während das Del von *A* und *B* nur als drückende Flüssigkeit benutzt wird. Es kann nämlich *C* nicht wohl tiefer gemacht werden, ohne der ganzen Lampe eine übermäßige Höhe zu geben; um daher dem auf einen Abend berechneten Delvorrath Raum zu verschaffen, bleibt nichts übrig, als dieses Gefäß in die Breite zu vergrößern. Dadurch, und weil es ohnehin nahe unter dem Brenner liegt, wird nun der zwischen *oy* und *oz* fallende Schatten den Fuß der Lampe weit überschreiten. Endlich benehmen die zum Füllen nothwendigen Zusätze und Vorrichtungen der Lampe diejenige Einfachheit und Leichtigkeit der Behandlung, welche das gewöhnliche Leben zu verlangen berechtigt ist.

Die hydrosta-
tische Lampe.

Unter den Grundsätzen vom Gleichgewicht der Flüssigkeiten findet der Fig. 38. erläuterte in den eigentlichen hydrostatischen Lampen Anwendung. Zwei verschiedene Flüssigkeiten in Röhren gebracht, welche von unten in Verbin-

Fig. 38.



dung stehen, werden sich darin, je nach ihrer Dichte, in ungleicher Höhe über *gh* das Gleichgewicht halten; die eine über *h* wird eine so oftmal niedrigere Säule bilden, als ihre Dichte die der andern Flüssigkeit übertrifft. Eine Quecksilbersäule braucht nur 1" Höhe um eine Schwefelsäure von 19", oder einer Delsäule von 14" Gleichgewicht zu halten. Nachdem man als schwerere Flüssigkeit bald Salzwasser, bald Syrup, Honig, bald Quecksil-

ber versucht hatte, gelang es 1825 Thilorier in Paris, durch die Wahl der Zinkvitriollösung (schwefelsaures Zink) und der durchdachten Einrichtung, seiner Lampe den entschiedenen Vorrang zu sichern. Wenn man bedenkt, daß die Druckflüssigkeit weder auf das Del noch die Gefäßwände (auf Weißblech) verändernd einwirken, und selbst bei mehreren Graden unter 0° nicht fest werden (krystallisiren) darf, dabei wohlfeil und von gehöriger Dichte sein muß, so wird man die umsichtige Wahl zu würdigen verstehen, welche Thilorier darauf führte, eine Lösung von gleichen Theilen Zinkvitriol und Wasser anzuwenden. Eine solche ist 1,57mal dichter als Del, so daß die Zinklösung bei 10" Höhe eine Delsäule von 15,7" zu tragen vermag.

Man fühlt sogleich, daß mit der Abnahme der Delsäule (dem Delverbrauch im Brenner) auch die Zinklösung entsprechend sinken wird, und nur dann das Del auf die anfängliche Höhe empordrücken kann, wenn sie selbst durch Speisung aus einem Vorrath von Zinklösung ergänzt wird. Der Behälter *A* im Durchschnitt der Lampe Fig. 39. dient ausschließlich zu diesem Zwecke. In einen am Fuß der Lampe befindlichen Raum *B* münden die beiden im Gleichgewicht begriffenen Säulen, nämlich die Delsäule im Rohr *ab*, welches oben in den Brenner übergeht und die Zinklösungssäule in *ed*, über welcher der Zinklösungsbehälter *A* angebracht ist. Die Speisung geschieht gerade so wie bereits in Fig. 34. erläutert wurde, mittelst des Rohrs *op*, durch welches die äußere Luft blasenweise in demselben Maße eindringt, in welchem die Lösung in *ed* zu sinken droht. Die Höhe der Säule darin zählt also schon von *P* an, *B* ist vollständig, und zwar gleichzeitig von beiden Flüssigkeiten angefüllt, so daß darin gar keine Luft bleibt. In die unten (bis *nn* in der Figur) befindliche Zinklösung taucht das tiefgehende Rohr *ed*; in das oben stehende Del dagegen das nur oben in *B* eintauchende

Fig. 39.

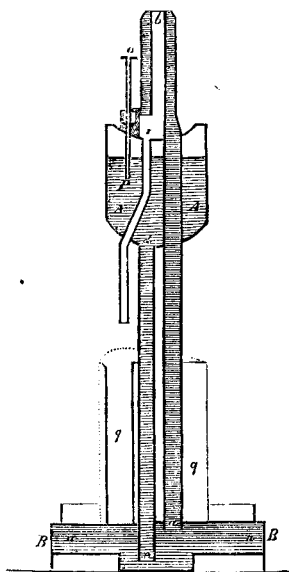
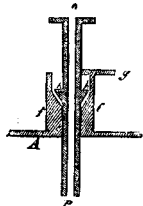


Fig. 40.



Rohr *ab*. Vom Anzünden und mit dem Fortbrennen der Lampe steigt natürlich der Spiegel *nn* mehr und mehr. Zuletzt ist *B* ganz mit Zinklösung angefüllt und Del muß nachgefüllt werden. Dies geschieht mittelst eines besondern Trichters durch den Brenner, wodurch die Zinklösung in ihren früheren Stand zurückweicht, vorausgesetzt, daß der in *A* befindlichen Luft ein Ausweg gestattet wird. Das Rohr *o P* Fig. 40. (im doppelten Maßstab) ist zu diesem Nebenzweck dadurch eingerichtet, daß es mittelst eines kegelförmigen Ansatzes *h* in die unten ebenso geformte Mündung *ff* auf dem Deckel von *A* eingeschmiegelt ist. Die abgebildete Stellung ist die des Füllens und wird durch den Stift *g* hervorgebracht, welcher an *o P* befestigt, auf dem Rand von *ff* nur aufruhet; um mittelst *h* zu schließen, dreht man so lange, bis *g* an einen senkrechten Schloß gelangt und darin niedergehen kann. Das aus dem Brenner beim Füllen und sonst ablaufende Del

sammelt sich in dem vertieften Deckel von *A*, um von da durch *ii* nach einem ringförmigen, beweglichen Untersatz *q* abzulaufen. Dieser letztere bildet kein geschlossenes, sondern ein offenes, mit einem Einschnitt zur Aufnahme von *ab* und *ed* versehenes ringförmiges Gefäß.

Man darf sich nicht vorstellen, als ob — selbst bei richtigem Gang und so lange der Vorrath in *A* nicht erschöpft ist — der Stand des Dels im Brenner sich vollkommen gleich bliebe, eine Meinung, die sich sogleich als unrichtig zu erkennen giebt, wenn man erwägt, daß die Säule *nab* fortwährend durch das Steigen von *nn*

verkürzt wird, und zwar in stärkerem Verhältniß, als dieses in derselben Zeit mit der Zinksäule *nP* stattfindet. Der Erfinder ist dadurch, daß er den Durchmesser von *B* gegen den von *ab* sehr groß machte, dahin gelangt, diesen Einfluß für die Dauer von 6 Stunden unmerklich zu machen. Es beträgt in der That nicht mehr als 2 — 3^{'''}, während das Del im Brenner von Astral- und Sinumbra-Lampen nicht selten um 1^{'''} fällt.

Soweit würde die Thilorier'sche Lampe in ihren Einrichtungen ebenso viele Vorzüge vereinigen, wenn diese nicht durch einen mißlichen Umstand wieder aufgehoben würden — sie ist nämlich schlechterdings unfähig getragen, noch überhaupt ohne Gefahr des Verlöschens bewegt zu werden, weil die geringste Neigung, ähnlich wie beim Barometer, beträchtliche Schwankungen im Gegenspiel der beiden Flüssigkeiten hervorbringt, welche überdies bei der Delsäule stets 1,57mal größer sind, als bei der Zinksäule. Hierin liegt zugleich der Grund, warum diese

Die Thilorier'sche Lampe.

Lampe bei weitem den Eingang nicht gefunden hat, den ihre übrigen hohen Vorzüge sonst anzusprechen berechtigt sind.

Pumplampen.

Es läßt sich aus dem bisher Angeführten allgemein der Schluß ziehen, daß die verschiedenen statischen Lampen die wichtigen Vortheile, auf welche ihre Einrichtungen hinielen, entweder gar nicht erreichen, oder doch nur gegen ebenso große Mißstände erkaufen. Im Gegensatz hierzu stehen die Lampen mit mechanischer Vorrichtung zum Heben des Oels — gewöhnlich, weil diese Vorrichtungen Pumpen sind — *Pumplampen* genannt.

Das einfachste Beispiel der Art geben die, bei uns gar nicht, dagegen im mit-tägigen Frankreich sehr gebräuchlichen Pumplampen mit flachem Docht, bei denen die Bewegung der Pumpe — freilich auf unvollkommne Art — mit der Hand geschieht. Der Oelbehälter mit der Pumpe bildet den Fuß der Lampe. Der Kolben der Pumpe wird durch die Spannung einer Spiralfeder stets nach oben gehalten. Sobald man nun — die Spannung der Feder überwindend — die Kolbenstange niederdrückt, welche zugleich Steigrohr ist und mit dem Brenner in fester Verbindung steht, nöthigt der abwärts gehende Kolben das im Stiefel befindliche Oel durch das Steigrohr nach dem Brenner zu steigen. Nach geschehenem Stoß dagegen bringt die Feder den Kolben in die alte Stellung, wobei sich der Stiefel aufs neue füllt, u. s. f. Gerade so wie man Talglichter von Zeit zu Zeit schneuzt, so hat man hier durch Pumpen zeitweise nachzuhelfen. Bei Lampen der Art mit doppeltem Luftzuge ist der Brenner unbeweglich, dafür aber neben dem Steigrohr eine besondere Kolbenstange mit seitlichem Griff vorhanden. Der gleichmäßige Gang einer solchen Lampe hängt also von der Sorgfalt ab, mit der man durch öfteres Pumpen das verzehrte Oel zu ersetzen strebt. Geschieht dies in längeren Pausen, so wird die Flamme abwechselnd von ihrem höchsten Glanz bis auf ein trübes Brennen sinken.

Die zahlreichen, bisher an den gelungensten und interessantesten Erfindungen erörterten Verbesserungen, so wesentliche Fortschritte sie sonst genannt zu werden verdienen, lassen nichtsdestoweniger einen Punkt unberücksichtigt, in welchem sich gerade die nächsten unumgänglichsten Bedingungen zu einer vollkommenen und vor allem gleichmäßigen Lichtentwicklung vereinigen — einem Punkt, der ohne Widerrede der allerschwierigste ist. Es wurde bereits S. 112 unter den allgemeinen Grundsätzen der Lampen- und Kerzenbeleuchtung hervorgehoben, inwiefern durch Sinken des Oelspiegels die Vorrichtungen, des Dochtes mehr und mehr erschwert und in gleichem Schritt die Helligkeit der Flamme vermindert wird. Die Lampen mit Speisung nach dem Grundsatz in Verbindung stehender Röhren (Fig. 24., 26. 2c.) sind diesem Uebel in seinem ganzen Umfange, diejenigen mit Sturzflasche oder entsprechenden Vorrichtungen wenigstens innerhalb gewisser Grenzen ausgesetzt. Bei jenen nimmt die Helligkeit ununterbrochen ab, bei diesen dagegen nimmt sie ab, um in regelmäßig wiederkehrenden Zeitabschnitten auf ihre anfängliche Höhe zurückzukehren.

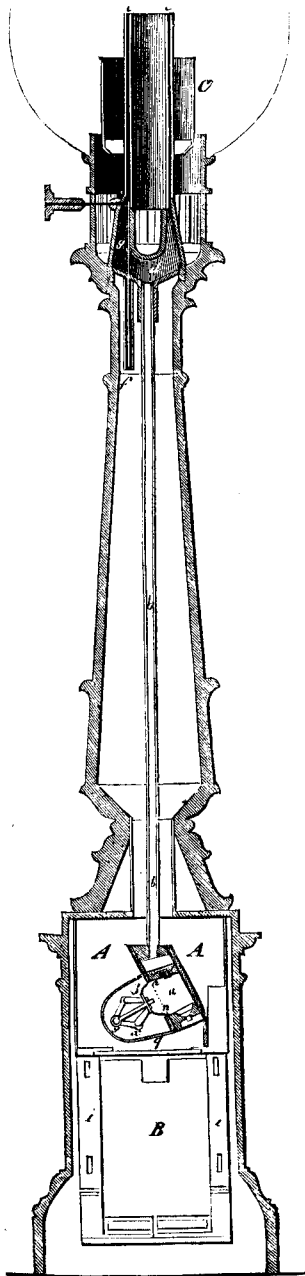
Garcel's
Uhrlampe.

Garcel ist nun bei seiner 1800 erfundenen sogenannten *Uhrlampe* in Betreff der ununterbrochenen und vollständigen Speisung des Dochtes ohne Vorgänger, insofern er zuerst die Idee verwirklicht hat, durch ein nicht sehr verwickeltes Werk nach Art der Uhren, das Oel aus dem Fuße der Lampe nach dem Dochte

emporpumpen zu lassen, und zwar in einer Menge, welche den Bedarf des Dochtes während der ganzen Brennzeit übersteigt. Während also

Carcel's
Uhrlampe.

Fig. 41.



in den übrigen Lampen der Inhalt des Brenners eine ruhig stehende Delsäule bildet, die entweder fortwährend von oben abnimmt, oder sich von Zeit zu Zeit ergänzt, so ist das Del des Carcel'schen Brenners ein ununterbrochen aufsteigender Strom, welcher dem Dachte jederzeit soviel liefert, als er irgend bedarf, und endlich, soweit er nicht verzehrt wird, an der Außenseite des Brenners wieder in den Fuß der Lampe zurückfließt.

Für spätere Verbesserer hat die Carcel'sche Erfindung nur außerwesentliche Dinge, hauptsächlich des Werks und der Pumpe übrig gelassen, worauf denn auch die Bestrebungen von Gagneau, Nicod, Careau u. A. gerichtet sind. Die Figuren 41. bis 43. geben Durchschnitt und Einzelheiten der Carcel'schen Lampe nach Penot's Verbesserungen. Die Haupttheile der Lampe liegen wie folgt: das Werkgehäuse B nebst dem Raum A für das Vorrathsoil und die Pumpe bilden den Fuß der Lampe. Der Schaft der Säule enthält nur das Steigrohr b, welches sich oben (über dem Capital) in einen gabelförmigen Ansaß theilt, worauf der Brenner C mit seinen beiden concentrischen Röhren ee aufsteht. Es bilden also Brenner und Steigrohr einen Raum, welcher durch die Pumpe mit A in Verbindung steht. Diese letztere ist eine sogenannte Priesterpumpe, wie sie einfacher

Fig. 42.

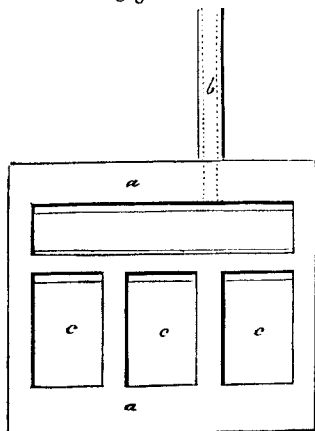
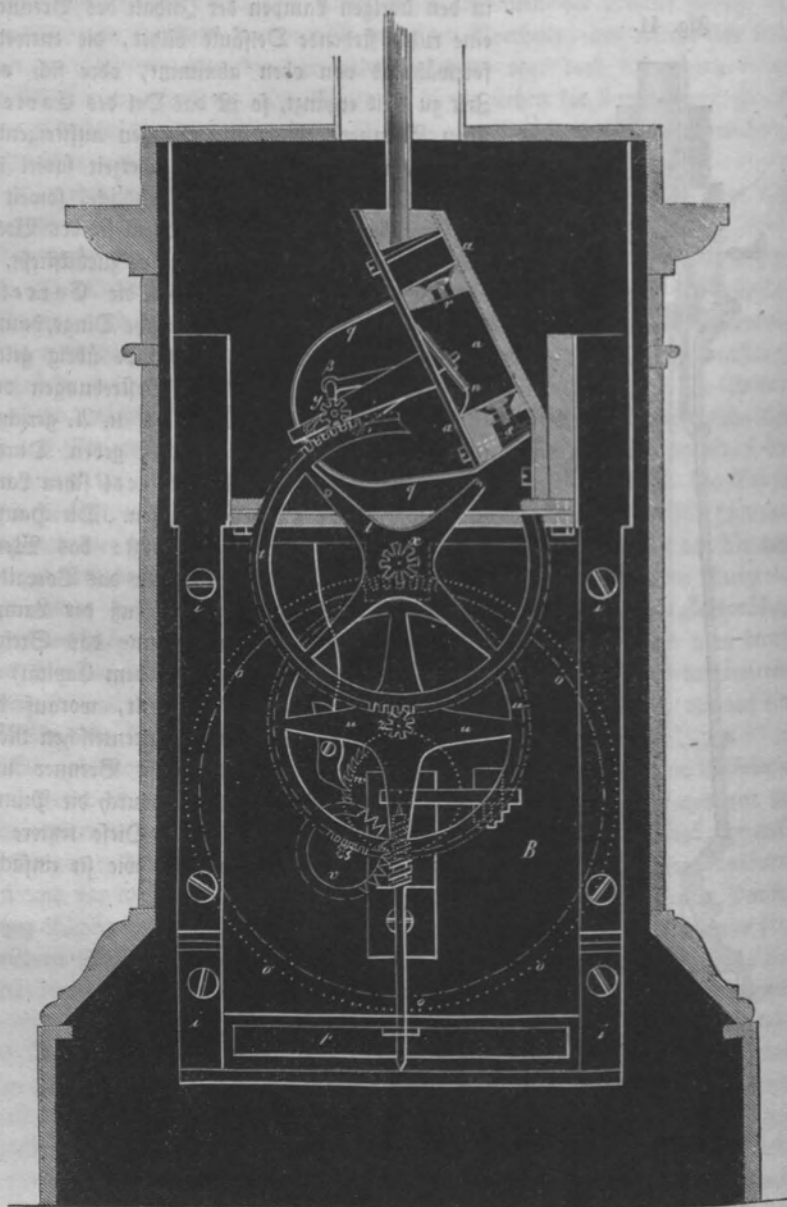


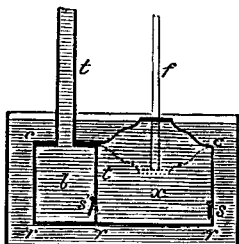
Fig. 43.



Garcel's
Hhrlanipe.

die Fig. 44. wiedergiebt. Der Raum x ist oberhalb durch ein Stück dichten, dehnbaren Zeug oder Leder geschlossen, in dessen Mittelpunkt — wenn man ihn gleichsam als Kolben ansieht — die Kolbenstange befestigt ist. Durch seine auf-

Fig. 44.



und niedergehende Bewegung findet eine abwechselnde Ausdehnung und Verminderung von x Statt. Im ersten Falle wird das Ventil s geöffnet und Del tritt aus rr nach x ein; im andern Fall wird durch das Ventil s' Del aus x in die Steigrohre t gehoben. Die Bewegung des Zeuchs oder Feders wirkt mit einem Worte ganz auf gleiche Weise wie die Thätigkeit der Wangen und ihrer Muskeln beim Trinken und Blasen. Um den, durch Dazwischenkunft von Unreinigkeiten des Dels unvermeidlichen Störungen zu begegnen,

muß alles Del in A , bevor es in die Pumpen tritt, ein mit feinen Oeffnungen versehenes Seiheblech q passieren, welches den ganzen vordern Theil sammt den Eintrittsventilen unterhalb, bügelartig umgiebt. Der viereckige Kasten der Pumpe enthält, des stetigen Ganges wegen, drei einfache Priesterpumpen ccc aus Goldschlägerhaut, welche in jedem Augenblick ihrer Bewegung, gegen einander entgegengesetzte Stellungen einnehmen. Dieser nothwendige Umstand ergibt sich aus der Anordnung der Pumpe im Ganzen von selbst. Jede einzelne Pumpe hat zwei Ventile, ein Einlaßventil (das untere der Figur) und ein Auslaßventil (das obere). Der Raum a ist für jede eine besondere, dagegen der Sammelraum für das Del über dem Auslaßventil allen gemeinschaftlich. Die drei kurzen, wenn man sie so nennen kann, Kolbenstangen gehen an drei auf derselben Ase, aber nach verschiedenen Richtungen laufenden Kurbeln β , γ , α . Es muß demnach eine Pumpe stets im Drücken begriffen sein, während eine andere saugt und die dritte im halben Wege ist. Nach unten, oder B zu ist der Raum A — eine Stopfbüchse abgerechnet, durch welche der Krummzapfen der Kurbelaxe bewegt wird — vollkommen geschlossen. Das Rad t geht nämlich unter einer seitlich angebrachten Kapfel, worin sich eben diese Stopfbüchse befindet. Der eiserne Rahmen ii dient dem Werk in B zur Befestigung, dessen Zusammenhang im Wesentlichen aus der Fig. 43. hervorgeht. Die Bewegung stammt von einer im verzahnten Federhaus o, o, o liegenden, durch Aufziehen gespannten Feder. Dieselbe Verzahnung von o, o, o treibt zunächst mittelst des Triebes x das Zahnrad t auf derselben Ase. Das Rad t erfährt seinerseits nach oben den zweiten Trieb bei γ , welcher mit den drei Kurbeln gemeinschaftliche Ase hat und bewegt somit die Pumpen. Nach abwärts bewegt aber auch t durch den dritten Trieb z und die Zahnräder u und v die unendliche Schraube, an deren Ase die zur Regulirung des Werks dienlichen Windflügel p sind. Ganz unten an einer Seite des Fußes der Lampe befindet sich ein kleiner nach außen gehender Riegel, welcher vorgeschoben, die Windflügel auffängt und das ganze Werk, wenn es aufgezogen war, in Stillstand bringt, wenn nicht anläßt. Das Sperrrad w dient beim Aufziehen der Feder mit dem Schlüssel. Die gezahnte Stange g mit dem Dochtalter geht unterhalb des gabelförmigen Fortsatzes an das Steigrohr in der Zahnstangenkapfel f .

Die Erfahrung hat gelehrt, daß die ganze Einrichtung des Werkes nicht gerade so empfindlich und zerbrechlich ist, als man auf den ersten Blick glauben sollte.

Das Ueberströmen des Dels am Brenner macht es nothwendig, den Docht etwas höher herauszuschrauben, als bei gewöhnlichen Lampen; es gewährt dies

Carcel's
Uhrlampe.

den schätzbaren Vortheil, daß die Flamme weiter über den Blechrand des Brenners gerückt, viel weniger durch Wärmeentziehung auf diesem Wege leidend, vollständiger brennt, und weder Docht noch Rand des Brenners mit kohligem Absätzen in einem Grade verunreinigt, wie er sonst dem regelmäßigen Aufsaugen des Oels störend entgegentritt.

Die Carcel'sche Lampe würde, wie man ohne Uebertreibung behaupten kann, — wenn eine weniger kostspielige und mehr der Verbreitung fähige Gestalt möglich wäre, — in ihrer Art gerade so Epoche gemacht haben, wie 16 Jahre früher die Argand'sche.

Zum Theil schon in früherer Zeit, aber auch wieder neuerdings (wie Joanne, Franchot und Houghton) hat sich den Sachverständigen der Gedanke aufgedrängt, das verwickeltere Uhrwerk entweder durch die Kraft eines fallenden Körpers (eines Kolbens in einem Stiefel z. B.) zu ersetzen, oder doch die gespannte Feder direct gegen einen größeren Kolben der Art spielen zu lassen. In beiden Fällen ist das Del in einem, inwendig pumpenstiefelartig gearbeiteten Lampengefäße enthalten, von wo es durch den langsam — sei es durch Fall oder Feder — vorrückenden Kolben nach dem Brenner hinauf verdrängt wird. Soweit ist Alles leicht und einfach; aber die Brauchbarkeit der Lampen ist bisher immer an den Schwierigkeiten gescheitert, die Beschleunigung des Falls oder die Abnahme der Spannkraft der Feder nach dem gleichbleibenden Delbedarf zu regeln. Entweder fielen die Vorrichtungen der Art in den alten Fehler mangelnder Einfachheit zurück, oder sie erfüllen den Zweck mangelhaft. Am gewöhnlichsten giebt man dem Steigrohr irgendwo eine kegelförmige Verjüngung, in welche ein Dorn derselben Form einpaßt. Die sich hebende Feder erweitert nun, der sinkende Kolben verengert dagegen jene Verjüngung, indem sie den Dorn weiter einschieben oder zurückziehen, in dem Maße als ihre Bewegung ungleichmäßig wird.

Mehr ihrer Neuheit und Einfachheit wegen und weil sie vielleicht fruchtbar wird, nicht wegen besonderer practischer Geltung, die ihr gerade noch mangelt, verdient die Anwendung einer Erscheinung zum Heben des Oels in Lampen Erwähnung, welche von Celarier vorgeschlagen wurde, und aus dem täglichen Leben gegriffen, leicht beobachtet werden kann. Im Wesentlichen besteht seine Lampe aus zwei über einander befestigten Gefäßen, welche durch einen Zwischenboden von einander getrennt sind; das untere enthält Luft, das obere Del. Im Zwischenboden ist ein enges Rohr eingefügt, welches nach unten in den Luftbehälter durch ein Ventil, und etwas höher in den Delbehälter durch eine bloße Oeffnung mündet. Beim Füllen steigt das Del durch diese Oeffnung in Rohr und Behälter auf gleiche Höhe; sobald man aber das Ventil öffnet, beginnt die Luft nach oben durch dasselbe Rohr zu entweichen, durch welches das Del den unteren Behälter zu füllen strebt. Die Folge davon ist — bei der Enge des Rohrs — daß mit den Luftblasen ununterbrochen Deltropfen oder vielmehr kleine Oelsäulen weit über das Niveau des Oels emporgetragen werden.

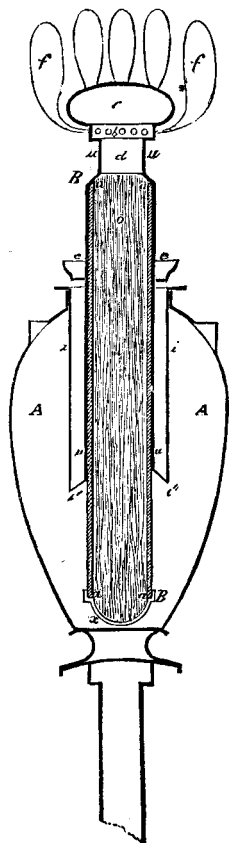
Ein anderer, besonders von Sam. Parker und Mallet benutzter Grundsatz, nach welchem das Del, bevor es den Brenner erreicht, in einem ringförmigen Behälter oberhalb durch die Flamme erwärmt wird, verspricht zwar

theoretisch Vortheil, sieht aber einer weiteren erfahrungsmäßigen Prüfung entgegen.

Schon im Eingang zu diesem Abschnitt ist es enthalten und niedergelegt, ^{Dampflampen.} daß auch flüchtige Oele, insofern solche zwar momentan Kohle abscheiden, aber doch vollständig verbrennen, insofern zum Leuchtstoffe geeignet sind, als der hohe Preis (wie fast allgemein der Fall ist) keine Schwierigkeiten macht; nur muß man beachten, daß zu gleicher Zeit solche Oele wegen ihres hohen Kohlenstoffgehaltes unter denselben Umständen rußend brennen, wo eine gewöhnliche Kerzenflamme dieses nicht thut. Es bleiben in diesem Bezug zwei Wege offen, entweder den Luftzug stark zu vermehren, oder, wie es L ü d e r s d o r f f in seiner nach ihm benannten Lampe gethan hat, das Oel durch Beimengungen in Bezug auf seinen Kohlenstoffgehalt zu verdünnen. In Berlin z. B. erlauben es die Preise, anstatt reinen Terpenthindöls — dies ist der eigentliche Leuchtstoff L ü d e r s d o r f f ' s — ein Gemenge desselben mit 4 Raumtheilen starken Weingeist von wenigstens 90 % zu verwenden. Diese Stärke ist nothwendig, weil durch einen

Die von
Lüdersdorff.

Fig. 45.



größeren Wassergehalt die Flamme zu stark abgekühlt und die Löslichkeit des Terpenthindöls unzureichend würde. Der Kohlenstoff desselben, ursprünglich 88 % oder das 8fache vom Wasserstoff betragend, fällt dadurch im Gemenge, dem Leuchtspiritus, auf ungefähr 63 % oder das 5fache des Wasserstoffs, was merklich weniger ist, als bei Oel oder Talg. In der Wirklichkeit wird übrigens diese, bei gleichem Gewichte geringere Lichtentwicklung reichlich — obgleich mit Unkosten — durch die größere Schnelligkeit aufgehoben, mit welcher das Licht aus derselben Menge entbunden wird. L ü d e r s d o r f f ' s Lampe Fig. 45. ist am geeignetsten, über die Art Aufschluß zu geben, wie das Brennen der Fette von dem der flüchtigen Oele abweicht.

A ist der vasenförmige Behälter für den Leuchtspiritus, in welchen der Brenner B von oben bis nahe an den Boden eintaucht. Derselbe besteht zunächst aus einem geraden, ziemlich weiten, in das eigentliche Brennerrohr uu behebte eingepaßten Blechrohr aa, welches einen baumwollenen lockeren Docht oo umgiebt und mittelst des Bügels x festhält. Außerhalb A in einem Abstand von etwa 2 Zoll — soweit reicht der Docht — verzüngt sich die Röhre, um bei d in den Knopf c oder eigentlichen Brenner überzugehen, an dessen Basis b, ringsum in gleichem Abstand, 10 — 12, $\frac{1}{4}$ Linie weite Oeffnungen eingebohrt sind. Soll die Lampe in Gang gesetzt werden, so zündet man in der Schale ee gewöhnlichen Brennspiritus an, um dadurch den Leuchtspiritus im oberen Theile des Dochtes zum Verdampfen zu bringen. So-

Die von
Lüdersdorff.

balb der Dampf an den Oeffnungen bei *b* erscheint, wird er angezündet und bildet dann die Flammen *f*, welche den Kopf *c* umgeben. Die Metallmasse desselben ist hinreichend um durch ihre Hitze die fernere Verdunstung (selbst im Abstand von *c* bis zum Docht) mit Leichtigkeit zu bewerkstelligen, worauf die Lampe selbstständig weiter brennt. Um *A* gegen die Wirkung des Brennerrohrs, welches allmählig bis dahin heiß wird, zu schützen, ist dasselbe bis auf 3 Zoll Tiefe von einem weiteren Mantel *ii* umgeben, der sich unten (bei *i'i*) an das erstere anschließt, so daß dadurch ein lusterfüllter Zwischenraum gebildet wird. Lampen der Art geben ein kostspieliges, aber glänzendes und von allen Unbequemlichkeiten gewöhnlicher Dochte befreites Licht.

Von Beale
und d'Hanens.

Für die Steinkohlengenden wie England und Belgien, wo man die sogenannte Kohlennaphta oder das Steinkohlentheeröl im Ueberfluß aus dem Kohlentbeer gewinnt, haben Beale und d'Hanens eigene dochtlose Lampen eingerichtet, um dasselbe zur Beleuchtung zu verwenden. Beide speisen ihre Lampen mittelst eines Blasebalgs, also durch einen Luftstrom von beträchtlicher Schnelligkeit, der bei der Beale'schen »Dunst- und Dampf Lampe«, nicht aber bei der von d'Hanens, das Del durchstreicht, um sich mit Dampf zu beladen. Die erstere giebt eine einzige 6 — 7 Zoll hohe Flamme mit doppeltem Luftzug gespeist, während die von d'Hanens aus einem Knopf mit 10 im Kreise stehenden Löchern, ganz wie bei der Lüdersdorff'schen, eine Krone von ebenso vielen einzelnen Flammen giebt. Beide Lampen geben an und für sich geruchlose blendendweiße Flammen, die nur beim Auslöschen einige Augenblicke den durchdringenden Geruch nach Theeröl verbreiten. Sie sind daher wohl für Straßen, Werkstätten etc., nicht aber für Zimmer geeignet.

Reflectoren,
Schirme etc.

Die Erzeugung von Licht aus Del in möglichst großer Menge ist keineswegs die einzige Aufgabe der Beleuchtung überhaupt und der mittelst Lampen insbesondere; die richtige Vertheilung und zweckmäßige Berücksichtigung der Natur des Auges ist eine zweite, wohl nicht minder wichtige Aufgabe. Alles, im Vergleich mit den beleuchteten Gegenständen (eines Zimmers z. B.) intensivere Licht, schwächt den Eindruck derselben im Auge und läßt sie dunkler und weniger deutlich erscheinen. So wird das Auge durch die freie Licht- oder Lampenflamme, wie man sagt, geblendet, es vermag die Dinge in deren nächsten Umgebung nicht mehr scharf zu unterscheiden, während es entferntere, also schwächer beleuchtete Dinge darum noch vollkommen deutlich sieht, weil der erhaltene Eindruck in diesem Falle nicht durch den gleichzeitigen, stärkeren der Flamme geschwächt wird. Mattgeschliffene oder an und für sich bloß durchscheinende Gläser (Milchglas) in Gestalt von hohlen Kugeln, Halbkugeln, Glocken oder Vasen sind die allgemein gebräuchlichsten Dämpfungsmittel gegen das Blenden der Flamme. Schon bei der Sinumbralampe, wo die matte Glocke einen wesentlichen Theil ausmacht, ist davon die Rede gewesen. Die Wirkung dieser Vorrichtungen ist im Allgemeinen überraschend: indem die eigentliche Flamme als solche in ihren Umrissen dem Auge verschwimmt, gehen alle Lichtstrahlen von der Oberfläche der Glocke aus, die dadurch gleichsam selbstleuchtend erscheint; deshalb und da sich die davon ausgesendeten Strahlen nach allen Richtungen kreuzen, so können in der Nähe befindliche Körper nur kurze, unmerkliche Schlagschatten werfen. Gefärbte Gläser

sind wahrscheinlich darum wenig im Gebrauch, weil dadurch alle beleuchteten Gegenstände in einer ungewohnten Färbung auftreten. — Reflectoren,
Schirme etc.

Da sich das Licht naturgesetzlich gleichmäßig nach allen Richtungen von einer Flamme oder irgend einer Quelle aus verbreitet, so werden Werkzeuge notwendig, um den vergeudeten Theil aufzufangen und dahin zu lenken, wo man ihn benutzen will. Zudem nimmt die Helligkeit der Beleuchtung durch gewöhnliche, sich ausbreitende (divergirende) Strahlen mit der Entfernung in starkem, nämlich quadratischem Verhältnisse ab. Wenn daher die Schirme und geschliffenen Gläser — dies sind die gebräuchlichen Vorrichtungen zum Ablenken — die aufgefangenen Lichtstrahlen nicht allein zurückwerfen, sondern auch unter sich parallel machen, so wird ihr Nutzen ein doppelter und jene Abnahme nicht mehr stattfinden. In seiner mathematischen Strenge kann der Parallelismus der Strahlen nur auf zweierlei Art hervorgebracht werden: entweder wenn sich die Flamme im Brennpunkt einer Glaslinse befindet — also durch Brechung des durchgehenden Lichts — oder im Brennpunkt eines parabolischen (spiegelnden) Schirmes durch Zurückwerfung. Ein Hohlkugelschirm vermag, wenn auch nur annähernd, den parabolischen in seiner Wirkung zu ersetzen, wenn die Flamme um den halben Radius von seinem Mittelpunkt absteht. Für die gewöhnliche Zimmerbeleuchtung bedient man sich solcher Linsen und Schirme, die sehr kostspielig herzustellen sind niemals, aber sehr häufig einfacher Blechschirme, deren innere Oberfläche, gegen die Verschluckung von Licht, blank, oder mit weißer Farbe überzogen sind; für die Straßenbeleuchtung dienen dagegen nur parabolische Metallspiegel. Um das nach oben entweichende Licht unten hin zu lenken — der gewöhnliche Fall — sind kegelförmige Schirme die gebräuchlichsten, wie der bei Fig. 26. besprochene. Das Licht wird von den geraden Seiten des Kegels wie von vielen Ebenen zurückgeworfen. Hierbei ist die Zerstreuung der Strahlen, wegen der geringen Höhe der Lampen, von keinem Belang. Nicht so bei Wandlampen, wo man die gesammten Strahlen des Lichts in eine wagerechte Richtung zu zwingen und darin fortzuleiten strebt. Man wendet alsdann einigermaßen parabolisch gehaltene Blechschirme, oder aus kleinen Stücken ebener Glasspiegel zusammengesetzte Schirme an, welche die Parabelfläche ungefähr nachbilden.

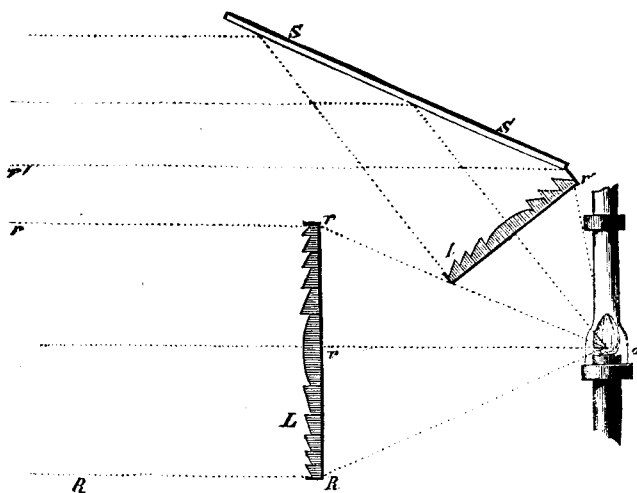
So wenig man nöthig hat, den besprochenen Brechungs- und Rückstrahlungs Werkzeugen der Beleuchtung in dem gewöhnlichen Leben eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen, so sehr nehmen dieselben bei den mehr großartigen Fällen dieses Zweiges, das Wissen der Gelehrten und die Hand des Künstlers in Anspruch. Ein Blick auf den einzelnen Fall ist ungleich mehr geeignet, über Einrichtung und Anwendung jener Hülfsmittel Aufklärung zu geben, als eine weitläufige Erörterung der Sache in ihrem ganzen Umfange. Die Beschreibung der französischen Leuchtturm-Laternen und einer ähnlichen Theaterbeleuchtung in ihren Hauptumrissen ist insofern besonders belehrend.

Die Construction der jetzigen französischen Leuchttürme ging im Jahr 1822 aus den gemeinschaftlichen Bestrebungen von Arago und Fresnel hervor. Der Brenner der Lampe — weil hierbei möglichst viel Licht in einem kleinen Raum erzeugt werden muß — besteht (je nach dem Rang des Leuchtturms) aus 2, 3 oder 4 in einander eingeschachtelten Argand'schen Brennern, jeder

Reflectoren,
Schirme 2c.

mit doppeltem Luftzuge, welche zusammen mit stets überströmendem Del, nach Carcel's Art, gespeist werden. Die Dochtführung ist für jeden besonders, dagegen das durch ein Blechrohr über den Kasten hinaus verlängerte Zugglas allen gemeinschaftlich. So beschaffen bildet der zusammengesetzte Brenner den Mittelpunkt eines beinahe mannhohen, aus optischen Spiegeln und Linsen in metallenen Rahmen zusammengesetzten Gehäuses (der Laterne). Wie man weiß, ist die Anfertigung vieler, und zwar mehrerer Fuß hoher Glaslinsen eine technische Unmöglichkeit. Nach Fresnel's Angabe sind diese daher in einen Rahmen zusammengesetzte, einzelne, geschliffene Linsen = Ringe, welche zusammen die vollständige Linsenoberfläche enthalten und in ihrer Wirkung ersetzen. Die Stellung dieser Linsen und der Schirme gegen den Brenner ist aus Fig. 46. ersichtlich. Zwei Reihen von je 8 Linsen umgeben den Brenner im Ring, die

Fig 46.



größeren L und die kleineren geneigten l ; über beiden liegen die Schirme S . Die Strahlen zwischen R und r werden von der Linse L aufgefangen und — da die Flamme den gemeinschaftlichen Brennpunkt O aller Linsen L und l einnimmt — darin gebrochen, um als ein Bündel von parallelen Strahlen entlassen zu werden. Die nach oben gerichteten, zwischen r und r' liegenden erfahren dasselbe Schicksal durch die Linse l . So weit würde das sämtliche Licht in Gestalt von je zwei cylindrischen — in der Wirklichkeit, wegen Ungenauigkeit der Linsen, schwach conischen — Bündeln ausgesendet, von denen nur der eine nach der Richtung der Schiffe, horizontal, der andere aber nutzlos himmelwärts gerichtet wäre und verloren ginge. Dem beugt ein, jeder Linse l beigeordneter ebener Spiegel S vor, dessen Neigung dem halben Neigungswinkel des aufwärtsgerichteten Strahlenbündels entspricht, wodurch dieses letztere horizontal zurückgeworfen wird. — Die Wirkung der Parabelhohlspiegel anstatt der Linsen ist zu einseitig, weil nicht mehrere füglich um einen Brenner angebracht werden können; es wür-

den also nicht die Schiffe jeder Richtung das Licht empfangen. Die beschriebenen Laternen drehen sich um ihre Ase, wodurch ein — bei jedem Umlauf 8facher — Licht- und Dunkelheitswechsel eintritt, indem die 8 doppelten Strahlenbündel von einander abstehen. Hierdurch wird es dem Schiffer möglich, den Leuchthurm von allen übrigen Küstenlichtern mit Sicherheit zu unterscheiden.

Reflectoren.
Schirme 2c.

Peclet in seinem berühmten Werk über die Beleuchtung hat bereits darauf aufmerksam gemacht, daß sich diese oder ähnliche Methoden zur Erhellung der Schauspielhausäle — die meist soviel zu wünschen übrig läßt — mit Vortheil anwenden ließe. Die Stellung des Kronleuchters in der Höhe der oberen Logen blendet die daselbst befindlichen Personen in einem solchen Grade, daß für dieselben die Mitte der Bühne so gut wie verdeckt ist. — Locatelli ist es nun im Jahr 1825 durch einen Versuch im Theater Fenice zu Venedig gelungen, der ebenso sinnreich als nachahmungswürdig erscheint, diesem Mißstand zu begegnen. Der Kronleuchter befindet sich daselbst über einer runden Oeffnung in der Decke, also ganz außerhalb des Saals, und an einer Stelle, wo der Blick die Brenner von keinem Punkte aus in gerader Linie erreichen kann. Ein Apparat von parabolischen Spiegeln leitet das Licht als walzenförmige Garbe abwärts in diese Oeffnung, woselbst es ein zweiter Apparat von Zerstreuungslinsen nach allen Richtungen in den inneren Raum ergießt.

Es ist von selbst einleuchtend, daß alle Lichtablenkungs- und Lichtdämpfungs-Vorrichtungen zugleich einen Theil des Lichts gänzlich verschlucken.

Die Beobachtung, daß bei der Zerlegung der Steinkohle durch Hitze brennbares, leuchtendes Gas auftritt und gefaßt werden kann, wurde schon von Dr. Clavton 1664 gemacht; die Anwendung erfolgte mehr als 100 Jahre später. Lord Dundonald legte 1786 Kohlköfen an und unterhielt sich damit, das entwickelte Gas in Röhren aufzufangen und anzuzünden, aber ohne alle ernstliche Absicht. Seit dem Jahre 1792 dagegen beschäftigte sich ein anderer Engländer Namens Murdoch, welchem man die Erfindung der betriebsmäßigen Gasbeleuchtung verdankt, mit bis zum Jahr 1796 fortgesetzten Versuchen, welche durch Errichtung der 1789 in's Leben getretenen Gasbeleuchtung der Boulton's und Watt'schen Fabrik gekrönt wurden. Davon unabhängig gelang es beinahe in derselben Zeit einem Franzosen Le Bon, sein Haus mittelst eines eigenen Apparates, welcher zugleich die Zimmer heizte — Thermostampe — zu beleuchten, worin er schlechtes Gas aus Holz entwickelte. Als Straßenbeleuchtung wurde das Gas 1812 in London und 1815 in Paris durch Winsor eingeführt. Delgas verfertigte zuerst Taylor 1815 im Großen.

Leuchtgas, aber eine geringere Art als das künstliche, findet sich — und zwar nicht sehr spärlich — in der Natur. Man hat sein Auftreten immer da beobachtet, wo Stoffe organischen Ursprungs, in den Gebirgsarten enthalten, sich langsam zersetzen (S. 17). Die berühmten »heiligen« Feuer bei Baku (Prov. Schirwan) am kaspischen Meere stammen von einem dem Boden entquellenden Gase her, welches Heß als Grubengas mit etwas Naphthadampf erkannt hat. Es enthielt 77,5 Kohlenstoff auf 22,5 Wasserstoff. In New-York ist man weiter gegangen; der praktische Sinn der Nordamerikaner hat bereits ähnliche Gasquellen zu Fredonia am Erie-See der Industrie zinsbar ge-

Von der Gas-
beleuchtung.
Geschichtliches.

Geschichtliches. macht. Das Gas wird daselbst in Gasometern gefaßt und zur Beleuchtung benutzt. Die sogenannte brennende Fontaine der Dauphiné gehört ebenfalls hierher, aber vorzugsweise ist der italienische Boden, hauptsächlich die nächste Umgebung der Apenninen reich daran. Pietra mala, Barigazzo, Bologna, Parma sind die Hauptorte der Art. Auch auf den Cordillieren, in Ungarn, Griechenland, England und andern Ländern hat man ähnliche Beobachtungen gemacht.

Begriff des
Leuchtgases.

Die allgemeinen Grundsätze der Beleuchtung (S. 84) geben schon zu erkennen, daß die Leuchtfähigkeit eines Gases oder Gasgemenges von dem Verhältniß des Kohlenstoffs zum Wasserstoff abhängt, und erst dann einen praktischen Werth erhält, wenn von dem ersteren beider Elemente mehr vorhanden ist, als in dem Grubengase, und das Verhältniß beider sich soviel als möglich dem des ölbildenden Gases nähert. Das Grubengas (CH_4) enthält 75,4 Kohlenstoff auf 24,6 Wasserstoff; das ölbildende Gas (C_2H_4) 86 Kohlenstoff auf 12 Wasserstoff. Man würde das letztere unbedingt allen anderen vorziehen müssen, wenn es wohlfeil genug könnte erhalten werden. Dies ist nicht der Fall, und man begnügt sich statt dessen — gezwungen durch ökonomische Rücksichten — mit dem Gasgemenge, welches die Zersetzung gewisser Stoffe organischer Abstammung liefert, insofern dieses wenigstens soviel ölbildendes Gas enthält, um die Fähigkeit des Grubengases um vieles zu übertreffen. Werden die Stoffe der Art in verschlossenen Gefäßen einer bestimmten Temperatur ausgesetzt, so ist der Vorgang folgender. Unter Hinterlassung eines kohligen Rückstandes (Kohl) destilliren flüchtige Producte über, welche sich beim Abkühlen (theils zu Theer, theils zu einer wässerigen Flüssigkeit) verdichten. Das übrig gebliebene ist nun ein Gemenge nicht nur von Gasen, sondern auch einem nicht unbeträchtlichen Theil sehr flüchtiger Dämpfe verschiedener Verbindungen, welche selbst in den erkalteten Gasen als solche gelöst bleiben, ohne sich zu Flüssigkeiten zu verdichten. Die Untersuchungen des Steinkohlentheers durch Sell, Blanchet, Runge, Kidd u. A. haben auf die Kenntniß einer Anzahl flüchtiger, ölarziger Producte verschiedenen chemischen Verhaltens geführt, welche, meist Kohlenwasserstoffe, sich durch hohen Kohlengehalt auszeichnen. Das Kyanol, Leukol, Pyrrol, Rosol- und Carbonsäure, sowie Naphthalin gehören hierher. Die meisten enthalten bis 90, selbst (Naphthalin) 94 % Kohlenstoff und verbrennen unter größerer momentaner Ausscheidung von solchem, als das ölbildende Gas. Es begreift sich somit leicht, inwiefern die im Gase als Dampf zurückbleibenden Antheile derselben seine Güte so sehr erhöhen. Solche Gas- und Dampfgemenge — gleichviel ob daraus vor der Anwendung noch schädliche oder unnütze Bestandtheile entfernt werden — nennt man Leuchtgas. Man hat also darunter keine bestimmte Verbindung, nicht etwa ölbildendes oder Grubengas, sondern vielmehr ein mechanisches Gemisch sehr mannichfaltiger Körper zu verstehen, theils schwach- und nichtleuchtender, theils beim Verbrennen starkleuchtender Natur, wie eben das ölbildende Gas und die ihm im Verhalten ähnlichen Kohlenwasserstoffe, denen das Ganze seine Leuchtfähigkeit verdankt. Es ist nämlich in der Chemie als eine besondere Eigenthümlichkeit bekannt, daß Kohlen- und Wasserstoff eine ganze Reihe von Gasen und Flüssigkeiten in einem und demselben Gewichtsverhältniß zu bilden vermögen, die sich nur dadurch unterscheiden, daß die beiden Elemente im Augenblick ihrer Ver-

einigung zu einem größeren oder kleineren Theil ihres ursprünglichen Raums verdichtet wurden, woraus sich denn die große Mannichfaltigkeit der festen, flüssigen und gasigen Kohlenwasserstoffe erklärt. — Inwiefern sich verschiedene Stoffe, wie Holz, Fett, Kohle, sehr ungleich zur Bildung von Leuchtgas eignen, ist bereits auseinander gesetzt worden. In der Praxis bedient man sich (zum Theil noch versuchsweise) je nach der Vertheilung: der Steinkohle, der Fette oder Oele, des Harzes und Theers, des Erdpechs, des Seifenwassers und der Abfälle des Thierkörpers. Das abweichende Verhalten dieser Stoffe schreibt für die Gasbereitung verschiedene, besonders zu betrachtende Wege vor.

Die Erfahrung giebt der Cannelkohle (S. 45), was Menge und Güte des Gases betrifft, soweit den Vorzug, daß man sie in England ungeachtet des höheren Preises am meisten anwendet. Die schottische sogenannte Parrot-Coal (Papaiekohle) steht ihr am nächsten. Selbst die Berliner Gaswerke verarbeiten Cannelkohlen aus England. In Gegenden, wo sie fehlt, wie Frankreich, wählt man starkbackende Sorten von ähnlichem Verhalten.

Die Menge des Gases aus einer gegebenen Menge Kohle ist von der Natur derselben und zugleich von dem Gang der Destillation abhängig und darnach sehr wechselnd, wie die folgende Zusammenstellung zeigt.

	Ort der Kohlen.	1 Pfd. kohl- giebt C. = F. kohl.	Dauer der Destillation. Stunden.	Anstalt, bei welcher die Beobach- tung gemacht wurde.
Besondere Versuche im Großen von Hefley.	Deane Kohle von Cumberland . . .	8,66	6	Alliance Comp. in Dublin.
	Carlisle Kohle (Wenkinfopp) . . .	9,92	6	
	Gleiche Theile Cannel und Cardiff- kohle	8,2	4	
Resultate des gewöhnlichen Betriebs.	Lump Kohle von Westbromwich . .	5,7	—	Birmingham Comp.
	Wigan = Cannel = und Oldham } . .	8,44	—	Manchester.
	Watergate Kohle gemischt }			
	Wigan Kohle, Grus	7,3	—	Liverpool, alte Comp.
	Wigan = Cannel Kohle	8,4	—	„ neue „
	Derbyshire Kohle	6,67	—	Leicester.
	Newcastle Kohle	7,56	—	London.

Nach Accum wurden aus je 100 C. F. Kohlen 18700 bis 9200 C. F. Gas erhalten, je nachdem man erste Sorte schottische und Lancashire, oder die geringen Staffordshire Kohlen anwandte. Im Hospital St. Louis in Paris gewann man in einem jährlichen Durchschnitt aus ebenso viel Kohlen 12300 C. F. Gas, was auf den Centner Kohle 493 C. F. ausmacht; Prechtl giebt als Ausbeute 700 C. F. an, so daß die Angaben dem Gewichte des Gases nach, von

Begriff des
Leuchtgases.Steinkohlen-
gas.

Steinkohlen- 12 zu 17 % schwanken. Die Zersetzung der Kohlen beginnt mit anfangender
gas. Glühhitze der sie einschließenden Gefäße und dauert im Großen mehrere Stunden
lang, in stets abnehmender Menge. Nach Peckston wird in einer 8stündigen
Destillation in der ersten Stunde 20, in der 2ten 15, in der 3ten über 14, in
der 4ten gegen 13, in der 5ten 12, in der 6ten 10, in der 7ten gegen 9, und
in der 8ten endlich ungefähr 8 % der ganzen Gasmenge entwickelt, wenn das
Feuer gleichmäßig (bis zur Rothglühhitze der Gefäße) fortgeschürt wird. Der
Eubikfuß gegen Ende kostet also $2\frac{1}{2}$ mal mehr, als im Anfang. Es muß aber
auch die Güte des Gases, die in verschiedenen Epochen der Destillation sehr
ungleich ist, berücksichtigt werden.

Zu dem Ende ist es passend, zuvor einen Blick auf die Bestandtheile des
Gasgemenges im Allgemeinen zu werfen; es besteht dasselbe nach der Abschei-
dung des Theers und der wässerigen Flüssigkeit aus: ölbildendem Gas,
Grubengas, Kohlenoxyd, Wasserstoff, Dämpfe der flüchtigen
Theeröle, Schwefelkohlenstoff, Ammoniak, Schwefelwasser-
stoff, Kohlensäure, Cyan, Schwefelcyan, schweflige Säure,
Salzsäure, Wasserdampf und Stickstoff. — Das Kohlenoxyd und ein
Theil des freien Wasserstoffs haben ohne Zweifel denselben Ursprung aus der
Feuchtigkeit der Kohlen oder erst gebildeten Wasserdämpfen, welche sich, über glü-
henden Kohles streichend, in jene beiden Gase zerlegen. Der Stickstoff der Kohle wird
ganz und gar als Cyan und Ammoniak erhalten, welche mit diesem, mit Schwe-
felcyan und den angeführten Säuren, als flüchtige Salze übergehen; der freie
Stickstoff dagegen ist Rückstand der atmosphärischen Luft, welche sich mit einge-
schlossen befand. Schwefelwasserstoff und schweflige Säure kommen von dem
Schwefel(-kies)gehalt der Kohlen. — Unter den genannten Bestandtheilen bilden
nur die vier ersten mit den sehr leuchtfähigen Theeröldämpfen die eigentliche Masse
des Gases, das übrige sind kleine Mengen von Verunreinigungen, welche sich un-
vollständig mit dem Theer abgeschieden haben. Die Erfahrung lehrt nun, daß
mit der Dauer einer Destillation sich das Verhältniß besonders zwischen jenen vier
Stoffen ändert, und zwar zu Ungunsten des leuchtfähigen Theils. Wenn man
nämlich zu Leuchtgas Chlor bringt, so bildet dieses mit dem ölbildenden Gas und
den ihm ähnlichen Theeröldämpfen — also gerade mit den Bestandtheilen, von
denen die Leuchtfähigkeit herrührt — eine flüssige Verbindung, die sich sogleich
unter Verringerung des ursprünglichen Volums abscheidet. Die Abnahme, welche
das Volum des Gases durch Chlor erfährt, steht demnach in geradem Verhältniß
zu Leuchtfähigkeit und Werth des Gases — zu seinem Gehalt an ölbildendem
Gas (und Theeröldämpfen) — wonach man die folgenden Angaben verstehen
wird. Sie enthalten die Versuche von Henry, die insofern ein treuer Spiegel
des Gangs sind und sicheren Anhaltspunkt gewähren, als dieser Beobachter dem
Verlauf der Gasentwicklung Schritt vor Schritt mit der Analyse gefolgt ist; er
fand, daß von dem Rirschrothglühen fast nur Wasserdampf, atmosphärische Luft
und etwas Theer, aber kaum Leuchtgas, dann aber nur solches in dem folgen-
den Verhältniß seiner Bestandtheile übergeht:

Zeit der Aufsammlung.	Specif. Gewicht.	Durch Chlor absorbirt.	Gruben- gas.	Kohlen- oxyd.	Wasserstoff- gas.	Stickstoff.
		aus 100 Theilen Gas aus Wigan = Cannel Kohle.				
in den ersten	0,650	13	82,5	3,2	0	1,3
Stunden	0,620	12	72	1,9	88	5,3
	0,630	12	58	12,3	16	1,7
5) Stunden.	0,500	7	56	11	21,3	4,7
nach						
10) Anfang .	0,345	0	20	10	60	10

Steinkohlen-
gas.

Ueberhaupt wird also in entschiedenem Uebergewicht Grubengas gebildet, wo von der durch Chlor verdichtbare bessere Theil nur etwa $\frac{1}{5}$ ausmacht. Zudem geht schlagend aus diesen Zahlen hervor, wie ungefähr nach der 5ten Stunde sich nur noch die Menge, nicht aber die Güte (das durch Chlor abs.) vermehrt, welche so schnell abnimmt, daß nach 10 Stunden das auftretende Gas gar nicht mehr leuchtet, sondern nur noch mit blauer Flamme brennt *). Merkwürdig und für den Praktiker sehr bedeutungsvoll ist der ungeheure Zuwachs an Wasserstoff, der in diesem letzten Stadium bis 60 % erreicht, ein Zuwachs, der nicht mehr von zerfetzten Wasserdämpfen, sondern von den Kohlenwasserstoffen selbst herrührt. Nach einer längst gemachten Erfahrung zerfallen diese nämlich in der hohen Rothglühige, indem sie einen Theil ihrer Kohle an die Wandung absetzen. Neuere Versuche von Marchand zeigen den Fortschritt dieser Zersetzung sehr gut. Als derselbe ölbildendes Gas durch ein glühendes Rohr bei steigender Hitze leitete, so zeigte das austretende Gas in angestellten Proben nach-
einander die folgenden Kohlenstoffmengen auf 100 Wasserstoff:

Wasserst. : Kohlenst.	Natur des Gases und Temperatur.	Wasserst. : Kohlenst.	Natur des Gases und Temperatur.
100 : 614	ölbildendes Gas.	100 : 367	
100 : 580	Rothglühige.	100 : 325	heftige Weißglühige.
100 : 533		100 : 307	Grubengas.
100 : 472		100 : 7	anhaltende Weißglüh- hige (fast reiner Wasserstoff).

Wie man sieht, ist diese der Leuchtfähigkeit zuwiderlaufende Entkohlung am Ende eine vollständige; sie steigt zu gleicher Zeit mit dem Hitzegrade, der Ausdehnung der glühenden Wände und der Dauer der Berührung mit denselben. Im Großen, wo gegen Ende fast die ganze Beschickung in glühende Kohls verwandelt ist, läßt sich diese schädliche Wirkung niemals vermeiden, wohl aber durch Vorsicht in gewissen Grenzen halten. Wie man sich auch benehmen mag, stets werden die Kohlenwasserstoffe, ehe sie in dem Ableitungrohr geborgen sind, glü-

*) Das specif. Gewicht geht, wie man sieht, mit der Güte des Gases ungefähr gleichen Schritt, und kann insofern als ziemlich sicheres Zeichen derselben gelten. Da das reine ölbildende Gas fast die Dichte der Luft (0,98) hat, so muß die Dichte eines Leucht-
gases mit dem Gehalt an solchem wachsen; doch kann dabei ein außergewöhnlicher Gehalt an Kohlenoxyd (sp. G. = 0,97) oder Kohlenäure (sp. G. = 1,52) grobe Irrthümer veranlassen.

Ereinföhren,
gas.

hende Strecken passieren müssen, wo sie, wenn auch nur kurze Zeit, Gelegenheit finden Kohle abzusetzen, die man denn auch in störender Menge vorfindet.

Es hat nun für den Praktiker keine Schwierigkeit mehr, aus den vorliegenden Thatsachen passende Verhaltensmaßregeln zu folgern. Die beste Ausbeute wird stattfinden, wenn man nur trockene Kohlen verwendet, und diese unmittelbar in die schon kirschrothglühenden Gefäße bringt, diese Temperatur gleichmäßig während des Verlaufs zu erhalten und die Operation sogleich abzubrechen sucht, wenn (nach 5 oder mehr Stunden) die oben besprochene Epoche der abnehmenden Leuchtfähigkeit eintritt. Man darf sich übrigens nicht vorstellen, als ob das Gas geradezu aus den Kohlen aufstiege, da die Beobachtungen darauf hindeuten, daß zunächst vorzugsweise Theer und erst daraus durch weitere Zersetzung Gas entsteht. Darum liefert eine gewisse Temperatur (unter dem Glühen) fast nur Theer.

Auf den auseinandergesetzten Hauptgrundsätzen beruht die Einrichtung der Gasanstalten in ihren einzelnen Theilen.

Die Retorten.

Die zur Zersetzung dienlichen Gefäße, Retorten genannt, sind ursprünglich gegen 7 Fuß lange, 1 Fuß weite gußeiserne Röhren von beiläufig 1 Zoll Wanddicke, die hinten geschlossen und mit einem kurzen und starken, in der Richtung der Ase angegoßenen Zapfen versehen sind. Die häufig im Eisenguß vorkommenden unganzen Stellen, von Schlackentheilen, Luftblasen u. herrührend, machen es nöthig, keine Retorte ohne vorhergegangene Probe auf ihre Gasdichtigkeit anzuwenden. Für diese, sowie für die zur Leitung dienenden Gusröhren (siehe unten), genügt es zu dem Ende, entweder geradezu Wasser unter dem Druck von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Atm., oder besser Luft in die unter Wasser getauchten Stücke unter gleichem Druck einzupressen, und das etwaige Entweichen zu beobachten. Man gießt die Retorten nicht in einem Stücke, weil der hintere im Feuer liegende Theil von Zeit zu Zeit unbrauchbar wird und ausgewechselt werden muß, während der Hals vollkommen unversehrt bleibt. Hals und Körper der Retorte sind durch

Fig. 47.

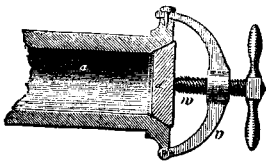
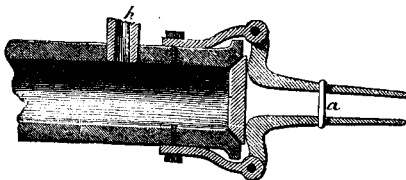


Fig. 48.



Flantschen und Schrauben an einander befestigt. Wegen der Beschickung und Entleerung ist der Hals vorn offen und mit einem dicht schließenden, aber leicht zu lösenden und anzulegenden Deckel *d* Fig. 47. versehen, welcher vermittelt der Schraube *w* und des Bügels *v* befestigt wird. Letztere kann mittelst eines Gelenks am einen, und eines Stifts am andern Ende zurückgelegt, oder fest an die Retortenmündung *aa* angesteckt werden. Rand der Retorte und des Deckels sind ventilartig gegen einander abgeschragt; streicht man nun zwischen beide schrägen Flächen Thon, setzt den Deckel auf und legt den Bügel an, so ist das Ganze in wenigen Augenblicken durch Drehung der Schraube luftdicht geschlossen. Statt dessen bedient man sich auch wohl zweier gebogener Hebel Fig. 48., welche beim Anziehen des

Ringes *a*, mit ihren Knien den Deckel anpressen. In jedem Fall ist der Hals mit Die Retorten einem angegossenen weiten Rohrstück *h* (s. Fig. 51.) versehen.

Diejenige Retorte, welche vermöge ihrer Form die ganze Beschickung gleichzeitig mit der glühenden Wand in Berührung brächte, würde die beste sein. Darum ist man, nach dem Vorgang von P r e c h t l von dem anfänglichen Kreis-Querschnitt

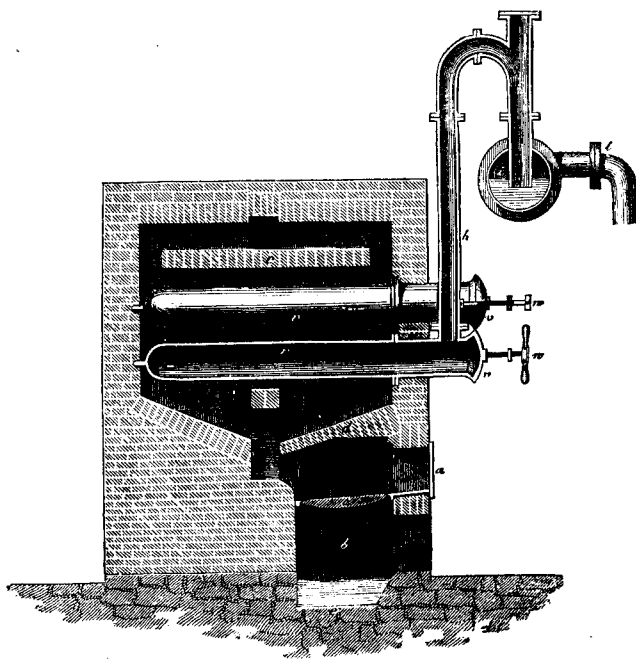
Fig. 49. Fig. 50. Fig. 51.



und hat allmählig auch diesen noch, durch Einbiegen der untern Fläche, wie Fig. 51. verbessert. Bei gleicher Länge von 6,5 Fuß (im Feuer) werden 150 Pfd. Kohlen, wenn die Retorten jedesmal damit halb gefüllt

sind, in der runden, auf einer glühenden Fläche von 10 Zoll, in der ovalen auf einer solchen von fast 12 Zoll Breite liegen. Die Schichte Kohlen ist in letzterer 4 Zoll dick und um $\frac{1}{3}$ der oberen Wand näher als in den runden, worin sie 6 Zoll beträgt. Solche Vortheile, an und für sich einleuchtend, werden schlagend durch die Erfahrung bestätigt, nach welcher die Abtreibzeit fast um die Hälfte verkürzt wird. Die Fig. 52. Der Ofen.

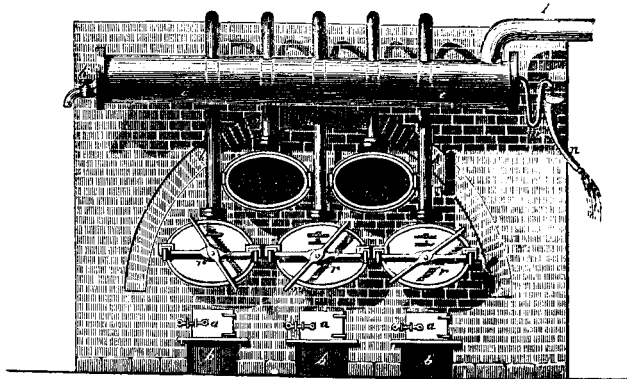
Fig. 52.



zeigt die Einrichtung und Lage der Retorten, von welchen man gewöhnlich 5 pyramidenförmig in einen Ofen legt, im Aufriß und Fig. 53 im senkrechten Durchschnitt. An den drei Feuerungen des Ofens ist *a* die Heizthür, *c* der Rost und *b* der Aschenfall, mit einer Vertiefung (Sumpf) *e* zum gelegentlichen Eintrocknen von Kalkschlamm (s. unten); *d* sind 3 Gewölbe, welche quer über

Der Ofen. jeden Feuerraum gehen und die Flamme theilen, *cc* ist ein großes, die Retorten *rr* überspannendes Gewölbe oberhalb, woran sich die Flamme bricht, um seitwärts zu entweichen. Die Gasleitungsröhren *h* erheben sich neben einander über den Ofen, um hinter einem wagerecht gelagerten weiten Rohr *i*, der sogenannten Vorlage, aufzusteigen und endlich gerade über derselben sich herabkrümmend, in diese bis nahe auf den Boden einzutauchen. Da nun diese Vorlage *i* innerhalb mit

Fig. 53.

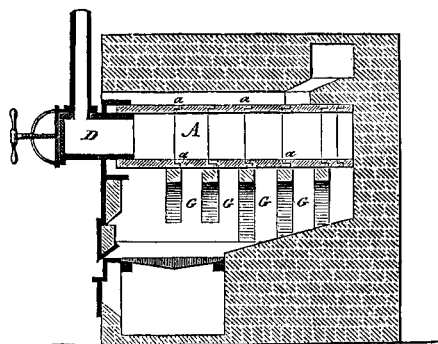


Theer gefüllt ist, so sind die Mündungen von *h h* zc. gesperrt und die unmittelbare Verbindung zwischen den einzelnen Retorten aufgehoben. Ist daher eine zum Beschießen zc. geöffnet, so hat dies auf den Gang der anderen nicht den mindesten Einfluß. In *i* trennt sich der meiste Theer vom Gas, von wo dieses durch *l* weiter geht, während jener durch das gebogene (damit *i* stets halbvoll bleibt) Rohr *m* durch *n* nach einem in die Erde gegrabenen Theerbehälter abläuft. Durch *k* kann *i* ganz entleert werden. Eine sehr heiße mit unverbrannter Luft übersehte (oxydirende) Flamme ist sowohl für die Gasentwicklung, als auch wegen rascher Zerstörung der Retorten überflüssig und schädlich; es kommt daher Alles auf ein gleichbleibendes mäßiges Feuer an. Jene, — die Zerstörung der Retorten — ist übrigens unglaublich rasch und von mehreren Ursachen abhängig; sie beruht neben dem Verbrennen in der heißen Luft des Feuers auch in dem Schwefelgehalte der Kohlen — der die Oberfläche in Schwefeleisen verwandelt, welches abschmilzt — und ganz besonders endlich in dem Absatz von Kohle im Innern. Diese findet sich theils in Gestalt von haarförmigen Absonderungen, theils stalaktitartig, von abgetropftem Theer, am häufigsten aber als 1 — 2 Zoll dicker aus concentrischen Schichten bestehender Ueberzug, meistens mit Eisen zu Graphit verbunden. Das spec. Gewicht dieser Schichten nimmt von innen nach außen rasch zu, von 1,7 bis 2,3. Die äußersten enthalten 1,72 %, die inneren weniger Eisen; manche sind so hart, daß sie am Stahl Funken geben und wie Glas geschliffen werden können. Zusammengenommen sind also Kohle, Schwefel und Luftsauerstoff die Feinde, welche die Wände der Retorte durchstreffen. Am meisten leiden frische Luft glühend getroffen werden. Zu besserer Schonung findet sich daher zuweilen die Schüröffnung an der hinteren Seite des Ofens in der Verlängerung

des Schornsteins angebracht, wo dann der schädliche Zug, ohne die Retorte zu treffen, in den Kamin entweicht. Im Kampfe mit diesem großen Uebelstand, gelang es endlich Grafton durch die nunmehr in ganz England verbreitete Einführung der thönernen Retorten nachdrückliche Abhülfe zu verschaffen. Die größeren Δ förmigen mit etwas eingebogenem Boden, von denen 3, aber jede mit besonderer Feuerung in einem Ofen liegen, werden vorgezogen. Die Form und Lage geht aus Fig. 54. und 55. hervor, woraus man ersieht, daß der Ofen

Fig. 54.

Fig. 55.



nicht wesentlich vom gewöhnlichen Gasofen abweicht; *A* ist die Retorte bei 7' Länge, 4 — 5' breit und 1' hoch, auf den Pfeilern *GG* aufruhend; wie die Abbildung angiebt, ist sie mit einem besondern gußeisernen Halse *D* versehen, und stückweise aus Thon verfertigt, den

man mit Sand und gepulverten Thonscherben versetzt hat; die einzelnen Stücke werden mit eben solchem Thon an ihren Ruten *a a a* zusammengefügt. Der etwaige Verlust des durch die Poren des Thons entweichenden Gases ist jedenfalls geringer, als derjenige durch Zerstörung der eisernen Retorten.

Der Gang der Destillation ergibt sich aus dem Gesagten fast von selbst und beginnt damit, daß in die bereits glühenden (270° Wdg.) Retorten die Kohlen eingeschaufelt und ausgebreitet werden, worauf man unverzüglich den Deckel aufsetzt. Je nach der Beschaffenheit der Kohlen und der Form der Retorten geht der Proceß in 5, 6 bis 8 Stunden vor sich; zu diesem Zeitpunkt beeilt man sich den Deckel schleunigst abzuheben, um die Kohls in untergefahrne eiserne Karren ausziehen und die Retorte sogleich aufs neue zu beschicken. Insofern die Kohls ganz glühend aus dem Ofen kommen, geht die Wärme verloren, welche erforderlich ist, ihnen diese Temperatur zu ertheilen. In diesem Sinn hat Eroll die Verbesserung eingeführt, die ausgezogenen Kohls sogleich unter den Retorten als Heizstoff zu verbrennen, wodurch 10 % erspart werden sollen. In den großen Δ förmigen Retorten, welche bis zu 12 Jahren dauern sollen, kann man in der Stunde einen Centner Kohle abtreiben, wozu (nach einem mehrmonatlichen Durchschnitt) 22 — 23 Pfund Kohls nöthig sind. Bei den früheren Retorten rechnete man halb soviel Kohlen zum Heizen, als destillirt werden sollten. In dem genannten Hospital in Paris stellt sich im großen Durchschnitt die Feuerungskohle auf $\frac{14}{25}$ der destillirten Gaskohle. Im Allgemeinen hat die übliche Einrichtung der Retorten und die Handhabung der Destillation darin, den Uebelstand gegen sich, daß die anfangs günstigen Umstände, unter denen sich das Gas entbindet, sich unaufhaltsam, und zwar

Gang der
Destillation.

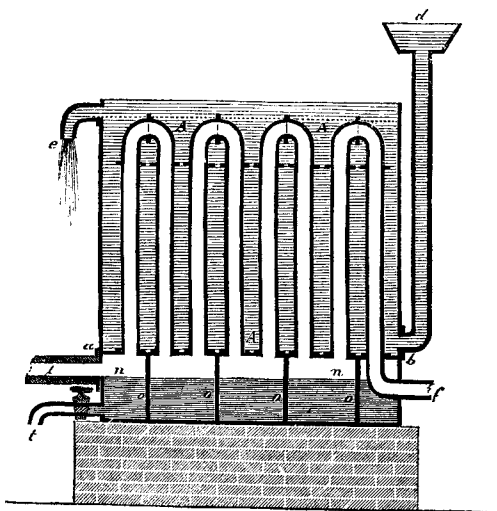
Gang der
Destillation.

sehr zum Nachtheil des gegen Ende auftretenden Gasantheils verändert; so wie sie besteht, macht es die Einrichtung unmöglich dem Uebel zu steuern. Es verdient darum eine Idee von Heginbotham Beachtung, nach welcher die Retorten mit einer durch die ganze Länge gehenden drehbaren Schraube versehen werden, deren Gewinde an die innere Wandfläche der Retorte anschließt. Das Ganze gewinnt dadurch das Ansehen einer Archimedischen Schnecke; der innere Raum also, anstatt cylindrisch zu sein, bildet einen schneckenförmigen Gang. Vom einen Ende her werden die zerkleinerten Kohlen fortwährend in diesen Gang aufgenommen, um durch die drehende Schraube langsam durch den glühenden Bauch der Retorte nach dem entgegengesetzten Ende vorgeschoben zu werden, wo sie als Kohle durch einen Trichteransatz in einen geschlossenen Wasserbehälter fallen. Hierbei — abgesehen von den sonstigen damit verknüpften noch nicht beseitigten Schwierigkeiten — tritt jener ungünstige Zustand übermäßiger Wasserstoffentwicklung gegen Ende gar nicht ein. Der Inhalt der Retorte bleibt stets unter denselben günstigen Umständen, wie sie bei der gewöhnlichen Einrichtung nur zu Anfang existiren.

Der Condensator.

Das aus Fig. 53. austretende, noch warme Gas — im Uebermaß mit Theerdämpfen beladen, so daß man durch Absetzen derselben in entlegenen Theilen eine Verstopfung der Leitung zu besorgen hat — geht von da zu den Verdichtungsgefäßen oder Condensatoren, welche alle eine Abkühlung des Gases bezweckend, doch von sehr verschiedenartiger Einrichtung sind. Der bekannteste, Fig. 56., besteht aus einem eisernen Kasten mit einem zweiten Boden *ab*; der mit Wasser erfüllte obere Raum *A* enthält zugleich die Röhrenleitung in mehr-

Fig. 56.



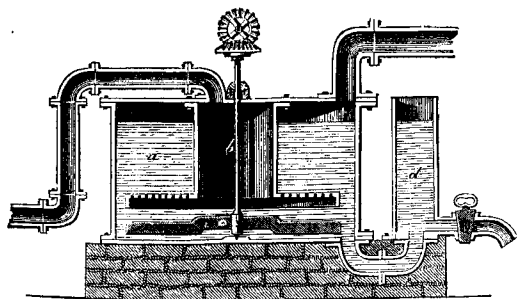
ren Jochbiegungen, von denen jede einzelne luft- und wasserdicht auf *ab* aufgezogen ist. Der untere Raum ist durch 4 Platten *ooo* in ebenso viele Zellen getheilt, in denen sich die verdichteten Flüssigkeiten bis auf die Höhe *nn* ansammeln, um dann durch das gesperrte Rohr *l* abzufließen. Durch *d* strömt dem Apparat kaltes Wasser zu, durch *e* wird ihm das warmgewordene entzogen, das Gas selbst verfolgt bei *f* seinen weiteren Weg; *t* dient zum Ablassen des Theers. Andere Kühlapparate bestehen in einem senkrechten sehr hohen

Kasten mit dem Gasröhrensystem im Zickzack, über welches ein ununterbrochener Sprühregen sich von oben ergießt.

Nach seinem Austritt aus dem Kühlgefäße enthält das Gas noch alle oben namhaft gemachten Bestandtheile; darunter sind mehrere nur unnütze, nämlich

das Kohlenoxyd und der freie Wasserstoff, welche mit höchst schwacher Lichtentwicklung brennend, das Leuchtgas gleichsam nur verdünnen; andere dagegen sind noch obendrein beim Brennen geradezu schädlich, nämlich das Ammoniak mit der damit verbundenen Kohlen-, Schwefelwasserstoff-, Salz-, Schwefel-, schwefligen und Blausäure *). Die Reinigung des Gases bezieht sich nur auf die Beseitigung der Beimischungen der letzten Gattung, nicht auf die der ersteren, so sehr es auch das Interesse der Verbrauchenden und Erzeuger erheischt, alle zu entfernen. Das chemische Verhalten des Kohlenoxyds und Wasserstoffs bietet nämlich keine passenden Mittel, sich derselben auf ebenso schiefliche Art wie der Ammoniaksalze zu entledigen, wozu man sich des gelöschten Kalks bedient. Die Anwendung des-
Der Kalkreis-
niger.

Fig. 57.



gebildeten Gefäße: an den Deckel des äußeren Gefäßes ist ein tief in den Raum für die Kalkmilch *a* eintauchender trichterartiger Ansatz gasdicht befestigt, der sich unten erweitert. Das daselbst eintretende Gas drückt die Kalkmilch vor sich her bis zur Tiefe dieser Erweiterung, wo es durch die siebartige Durchlöcherung derselben in kleinen Blasen durch die Kalkmilch entweicht. Der Weg, den eine gerade aufsteigende Blase zurücklegt, ist für eine vollständige Reinigung bei weitem zu kurz, man sucht ihn deshalb mit Hilfe des Rührapparats *b* zu verlängern. Die Axe desselben dreht sich unten in einer Pfanne, oben in einer Stopfbüchse vermittelt eines Getriebes und trägt über dem Boden ein Flügelkreuz *c*, welches die Kalkmilch ununterbrochen in drehende Bewegung setzt. Dadurch werden einerseits die Kalktheile gezwungen, gehörig schwebend zu bleiben und die Gasblasen, langsam in langen schraubenförmigen Linien aufzusteigen. Das mit dem Hauptgefäß verbundene Nebenrohr *d* macht eine Entleerung ohne Auseinandernehmen möglich.

In dieser Art sind die Leistungen des Kalks ungenügend; einmal weil er die Säuren, bevor er sie aufzunehmen vermag, aus den Ammoniaksalzen abscheiden muß, wozu die Einwirkung zu flüchtig ist; ferner weil er alles Ammoniak frei in dem Gase zurückläßt **), und endlich weil die Gasblasen — ganz gegen den Sinn der Reinigung, unter einem starken Drucke von beiläufig 28" (Wasser), also unter verminderter Oberfläche — den Apparat passiren, unter einem Drucke, welcher

*) Der Schwefelwasserstoff schwärzt, wenn er z. B. vor dem Anzünden mit dem Gas entweicht, Metalle und Delfarbe; verbrannt bildet er schweflige Säure und Wasser; das Ammoniak verbrennt zu Wasser und Salpetersäure. Schwefelkohlenstoff und Schwefelcyan verbrennen ebenfalls theilweise zu schwefliger Säure; nicht so, wie natürlich das Cyan, welches Kohlenensäure und Stickgas bildet.

**) Nach Mallet sollen die Kohlen $\frac{1}{1000}$ ihres Gew. Ammoniak liefern, und das Gas hinter den Reinigungsmaschinen $\frac{1}{300}$ Vol. enthalten.

Der Kalkreiniger.

noch außerdem bis in die Retorten zurückwirkt und das Gas nöthigt, auch durch den geringsten Ausweg mit großer Geschwindigkeit zu entweichen. Darcet hat darum den Vorschlag gemacht, das Gas anstatt durch seine eigene Spannung, vielmehr ohne diese, durch eine (Archimedische) Wasserschnecke — die sich dann umgekehrt dreht, wie beim Wasserschöpfen — unter die Kalkmilch zu treiben. Als weit einfacher, wirksamer und den Druck fast ganz umgehend, hat die von Bérard ausgegangene Methode Eingang gefunden, wonach keine Kalkmilch, sondern Moos angewendet wird, welches man zuvor vollkommen mit befeuchtetem Kalk anmacht. Die Gitter oder Siebe mit dem Moos sind in Gefäßen mit zwei Abtheilungen unter einem Deckel mit Wasserverschluß, zu 3 bis 4 übereinander, angebracht. Gewöhnlich sind 4 solcher Reiniger vorhanden, wovon der 4te in Bereitschaft und 3 in der Art thätig sind, daß das Gas in den am meisten verunreinigten ein- und aus dem frischesten, dem 3ten, austritt. So wie es daselbst Bleiessigpapier zu schwärzen (Schwefelwasserstoffgehalt zu zeigen), nimmt man den 1sten Reiniger weg, läßt das Gas, während man ihn erneuert, in den 2ten ein- und aus jenem 4ten austreten u. s. f. Der gebrauchte Kalkbrei der beschriebenen Reiniger kann seines üblen Geruchs (nach Schwefelwasserstoff) wegen nirgends untergebracht werden, ohne daß man dabei gegen die Polizeigesetze verstößt. Man pflegt ihn darum unter dem Aschenfall Fig. 52. in *e* zu verdicken, wo dann das Feuer die übelriechenden Dämpfe verzehrt und der Rückstand als Kitt für die Retorten verwendbar wird. — Graham fand übrigens, daß sich die Einwirkung des Kalks durch Zusatz von 1 Aequiv. Glaubersalz (schwefelsaures Natron) oder $4\frac{1}{2}$ Theile desselben bedeutend kräftigen läßt, weil das schwefelsaure Natron unter dem Einfluß des Gases unter gleichzeitiger Bildung von Gyps, zu Natronhydrat (Aegnatron) zersetzt wird. Aller Schwefelwasserstoff wird dadurch dem Ammoniak mit Energie entzogen, um mit jenem zu Schwefelwasserstoff = Schwefelnatrium zusammenzutreten. Hierbei sind zwar alle sonstigen Mängel, aber nicht die chemische Unzulänglichkeit des Reinigungsmittels (Kalks) beseitigt. Offenbar muß der sicherste Weg der sein, die flüchtigen Ammoniaksalze mit irgend einem Erd- oder Metallsalz durch doppelte Zersetzung so zu binden, daß neue, nicht flüchtige Salze entstehen. Dies ist in der That der Gedanke, der den neuesten Verbesserungen leitend zu Grunde liegt. Zuerst hat Pénot mit dem besten Erfolg das in den Rattunfärbereien abfallende schwefelsaure Bleiorpd, wie Kalkmilch in Wasser zertheilt, verwendet. Es entsteht schwefelsaures Ammoniak einerseits und Schwefelblei auf der anderen Seite; die Entziehung von Schwefelwasserstoff ist auf diese Art vollständig, doch bleibt immer ein Kalkreiniger wegen der Kohlensäure nothwendig, auch ist dieses Material für die Gasanstalten nicht hinreichend und wohlfeil genug zu haben. Es scheint daher die noch später von Mallet eingeführte Reinigung für die Ausübung den Vorrang zu verdienen, insofern dadurch ein in den Bleichkalkfabriken reichlich abfallendes, beinahe werthloses Salz, das schwefelsaure Manganoxydul zu Gute gemacht wird. Statt dessen kann auch Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxydul) dienen. In jedem Fall ist es wegen der Schonung der Gefäße und um sogleich die richtige Wirkung zu erhalten, nöthig, die jedesmal darin enthaltene freie Säure mit dem ammoniakhaltigen Wasser der Theercyterne zu sättigen. In

Pénot's

und Mallet's
Reinigung.

den Waschgefäßen, von denen 3 — 4 hinreichen, begegnet das Gas der neutralen Mangan- (oder Eisen-)salzlösung in Gestalt einer Art Wasserfall, wobei sich ein Gesamtdruck von nicht über 4 — 6 Zoll ergibt. Schwefelsaures und salzsaures Ammoniak, die sich auflösen, sowie kohlen-saures Manganoxydul, Schwefel- und Cyanmetalle sind die auftretenden Verbindungen; der Kalk ist also gänzlich überflüssig, indessen steht fest, daß allerdings Schwefelwasserstoff in dem Fall der Bindung entgehen muß, als etwa eine höhere als die einfache Schwefelstufe des Ammoniums vorkommen sollte, und insofern möchte ein Kalkreiniger, hinter dem Mallet'schen Apparat angebracht, nicht überflüssig sein. Man will schließlich damit, in Bezug auf das Naphthalin — ein den Steinkohlen eigen-thümliches sublimirbares Zersetzungsproduct — die interessante Bemerkung gemacht haben, daß die Beständigkeit seines Dampfes im Leuchtgas durch das Ammoniak vermittelt wird; es scheidet sich wenigstens mit ähnlichen Stoffen reichlich über der Manganflüssigkeit ab. Ungeachtet Naphthalindampf (94 Kohlenst. mit 6 Wasserst.) die Leuchtfähigkeit des Gases nachdrücklich vermehrt, so ist doch seine Abscheidung um deswillen wünschenswerth, weil es zuweilen als Krystallablagerung die Röhren verlegt. Die Ammoniaksalze sind als Nebenproduct der Gasanstalten von einem gewissen Werth; die Wirthschaftlichkeit macht es daher erspriesslich, das Gas vor dem Manganreiniger durch reines Wasser zu waschen, wobei sich dieses allmählig zu einer ziemlich starken Ammoniaklösung sättigt und zugleich an Manganflüssigkeit sehr erspart wird.

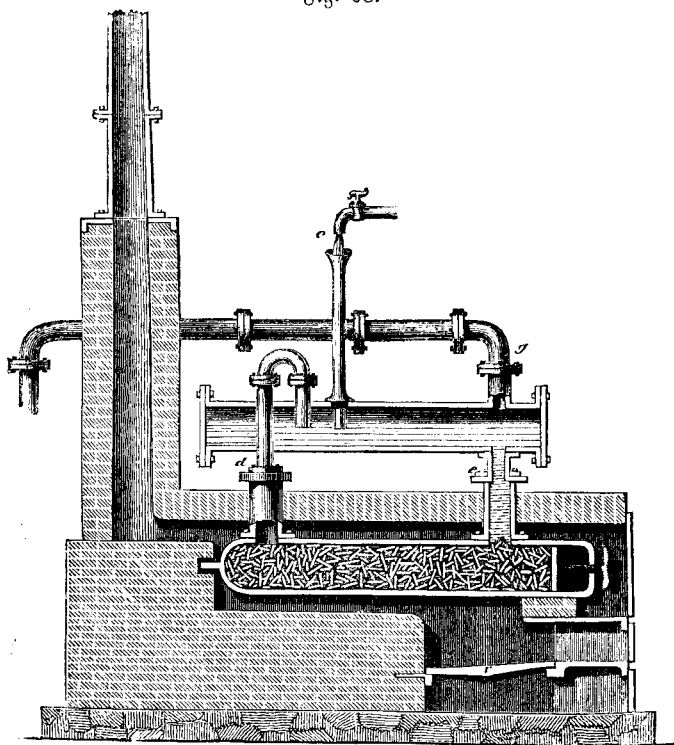
Auf den ersten Blick erscheint die Destillation des Oels zur Gaszerzeugung als ungeeignet und überflüssig, wenn man bedenkt, daß Del ohne alles weitere in Lampen verbrannt werden kann, während es in den Retorten durch Absetzen von Kohle verliert. Gereinigte Brenndole werden darum nicht angewendet; indessen läßt sich das Gas aus unreinem Oele, Thran oder Fettabfall mit eben solcher Leichtigkeit fertigen, wie aus geläutertem Del. Es bietet also unter Umständen die Gasbereitung ein treffliches Mittel dar, solche Stoffe durch Lichtzerzeugung gut zu verwerthen, welche sonst gar nicht, oder doch nur zu geringen Zwecken gebraucht werden können. Die Versuche von Henry, die sich auch auf diesen Punkt ausdehnen, lassen sogleich erkennen, wonach man sich im Großen zu richten hat, und ergaben folgende Resultate.

Material der Leuchtgase.	Temperatur der Destillation.	Specif. Gew. des Gases.	Durch Chlor absor- birt	Grün- bengas	Kohlen- oxyd- gas	Wasser- stoff- gas	Stick- stoff
			in 100 Raumtheilen Leuchtgas.				
Del	lebhaftes Rothglühhiße .	0,464	6	28,2	14,1	45,1	6,6
	Desgleichen	0,590	19	32,4	12,2	32,4	4
	möglichst niedere Temp.	0,758	22,5	50,3	15,5	7,7	4
Thran	dunkle Rothglühhiße .	0,906	38	46,5	9,5	3	3

Es erhellt daraus, daß das Delgas jenes aus Steinkohle an Güte, wie schon die Dichtigkeit zeigt, weit übertrifft, und daß der Erfolg, im Allgemeinen von der

Delgas. Temperatur abhängig, bei der dunklen Rothglühfärbung der beste ist. Dieser Grad reicht nämlich zu, um das Del in Gas zu verwandeln, ist aber nicht hoch genug, um das Gas stark zu entkohlen. Die Einrichtung für die Gasöldestillation geht aus der Fig. 58. hervor. Um die Gasentwicklung zu beschleunigen und den Aufenthalt des

Fig. 58.



bereits entstandenen Gases im glühenden Raum abzukürzen, füllt man die Retorte *a* mit Ziegel- oder Kohlstücken, welche dann die glühende Oberfläche außerordentlich vermehren. Der zweite Cylinder *b* dient als Vorrathsbehälter und Vorlage zu gleicher Zeit, zu welchem Zweck *a* und *b* an zwei Punkten *d* und *c* in Verbindung stehen. Aus einem über der Werkstätte angebrachten großen Delbehälter strömt das Del in einem Strahl von bestimmter Stärke zunächst durch das Speisungsrohr *c* nach *b*, welches dadurch stets bis zu einer gewissen Höhe gefüllt bleiben muß. Aus *b* fließt das Del durch das Ansaßrohr *e* nach *a*, um daselbst zerseht und in Gas und Theer verwandelt, durch *d* wieder nach *b* zurückzukehren. Das Rohr *d* biegt sich in einem kurzen Schenkel wieder abwärts unter den Spiegel in *b*, so daß die Dämpfe des zersehten Dels stets das Vorrathsöl darin durchstreichen müssen, um ihren Theer abzugeben. Die Retorte *a* wird also nicht sowohl mit Del, als vielmehr mit einem Gemenge von diesem und Deltheer gespeist, in der Art, daß alle verdichteten Producte so lange mit frischem Del in die Retorte zurückkehren, bis sie vollkommen in Gas verwandelt sind. Destillirt man versuchsweise in einem langen nach hinten geneigten Rohre, dessen vorderer Theil kühl er-

halten wird, so erhält man so gut wie gar keinen Theer. Das Gas, was sich in *h* über dem Del sammelt, verfolgt durch *g* den Weg seiner Bestimmung. Weil die beim Kohlengas namhaft gemachten Gegenstände wegfällen, bedient man sich in den Delgasanstalten ausschließlich der gußeisernen Retorten übrigens mit der gewöhnlichen Feuerung, deren Koft bei *r* liegt. Nach sicheren Angaben erhält man von 1 E. F. (= 7,81 Maß) Del 600 — 700 E. F. Gas, was dem Gewichte nach 90 — 96 % ausmacht; der Rest ist Kohle, die sich in ziemlicher Menge zwischen den Kohl- oder Ziegelstücken absetzt, und Fabrikationsverlust überhaupt. Von der Destillation der Kohlen unterscheidet sich die Arbeit der Delgasbereitung hauptsächlich durch ihren ununterbrochenen Gang. Das Deffnen der Retorte wird nur durch die starke Graphitablagerung von Zeit zu Zeit nöthig. So wie im Kohlengas kommen auch im Delgas dampfförmige Verbindungen ähnlicher Art und gleicher Bedeutung vor. So sind die flüchtigen, im Deltheer unter einander gemengten Brandöle nach Hef alle von gleicher procent. Zusammensetzung mit dem ölbildenden Gase. Vor dem beobachtete Faraday in England, als man Delgas unter einem Drucke von 30 Atmosph. zu technischen Zwecken zusammenpreßte, daß sich dabei jene Dämpfe zu einer Flüssigkeit verdichteten, von welcher 1 Theil in 7500 Theilen Gas dem Raum nach enthalten war. Unter den übrigen darin vorhandenen öartigen Körpern, welche 80 — 90 % Kohlenstoff enthalten, gelang es ihm, einige, wie das Tripl (C_3H_3) und Ditetryl (C_2H_4) nebst einem dritten (C_2H_3) getrennt zu studiren.

Delgas.

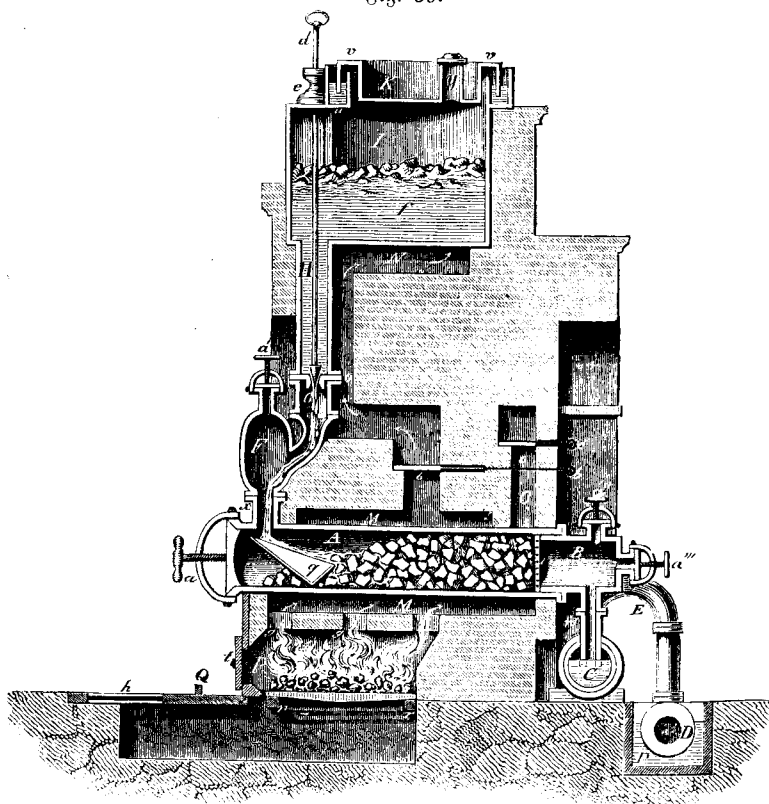
Wäre das Harz (Colophonium ic.), anstatt fest zu sein, im gewöhnlichen Zustande eine Flüssigkeit, so würde sich die Harzgas- von der Delgasarbeit in nichts unterscheiden, so aber hat man nöthig das Harz zuvor auf eine passende Art flüssig zu machen, um alsdann damit die Retorte bequem speisen zu können. Dazu dienen häufig die reichlich abfallenden flüchtigen Oele im Theer.

Harzgas.

Das Retortenfeuer wird vor seinem Entweichen in die Esse alsdann zur Heizung eines Behälters mit Harz benutzt. Im Maße als dieses schmilzt, sickert es mit Hinterlassung alles unreinen und noch festen durch eine Siebscheidewand in die zweite Abtheilung des Behälters, worin man ihm zu gleichen Theilen Harzöl (Theer) beimengt. Es entsteht so eine nicht mehr erstarrende Lösung, womit man die Retorte gerade so speist, wie mit Del. Nachdem das Gas seine verdichtbaren Dämpfe in den Kühlgefäßen abgegeben hat, ist es verkäuflich, weil eine eigentliche Reinigung aus ähnlichen Gründen wie beim Delgas wegfällt.

Eine der besten Einrichtungen für Harzgas und von anerkannter Brauchbarkeit ist die von Chausse not mehrfach ausgeführte Fig. 59., worin das Harz für sich geschmolzen und die Theeröle als ein verkäufliches Nebenprodukt gewonnen werden (s. a. f. S.). Der Zug des Feuerraums *P* wird durch den Aschenfall vermittelt des Schiebers *Q* geregelt, der sich in dem Falz *h* wagerecht hin und her bewegt. Die Luft, von unten durch den Koft *rr* und den Brennstoff streichend, bildet eine starke Flamme, welche zu nächst durch die Deffnungen *ggg* des Feuergewölbes in dem Heizraum *M* die Retorte *A* umspielt, um dann durch die Rüge *NN* vor ihrem Entweichen in die Esse den Harzbehälter *I* zu heizen. Soll dieser gefüllt werden, so sperrt man das Feuer durch den Schieber *b* von *N* ab und eröffnet ihm zu gleicher Zeit einen directen Ausweg in *O* durch Deffnen des dritten Schiebers *c*. Die beiden

Fig. 59.



Harzgas. Schieber werden von außen mittelst eiserner Stäbe und Ringe angezogen. Beim Chaussonot'schen Apparate ist man nicht gezwungen, das Harz in Harztheer zu lösen, weil in dem zur Schmelzung bestimmten Behälter *I* mit seinem Abflußrohre *H*, stets von heißer Luft umgeben, kein Erstarren des am Boden schmelzenden Harzes *f* mehr stattfinden kann. Nach vorhandenen Erfahrungen entbinden sich schon beim bloßen Schmelzen des Harzes entzündliche Gasarten, welche für die Anstalt feuersgefährlich sind. Um solchen Zufällen vorzubeugen ist der Rand von *I* mit einer wassererfüllten Rinne *u u* versehen, in welche der Rand *o o* des Deckels *K* — also unter Wasserverschluß — eintaucht. Mittelft des Ansatzes *y* können jene Dämpfe leicht in die Esse, oder unter den Rost geleitet werden. Das geschmolzene Harz fließt nach einander durch *H*, *G* und *x* in die Retorte *A*. Zwischen *H* und *G* befindet sich die Platte *o* in der Mitte mit einer trichterförmigen Oeffnung und Ansatz versehen, in welcher die kegelförmige Spitze der Stange *d* sich bewegt. Wird diese durch die Büchse *e* weiter herausgezogen, so empfängt die Retorte *A* einen stärkeren, wird sie tiefer eingesenkt, einen dünneren Strahl geschmolzenen Harzes, oder der Zufluß hört ganz auf. Das aus *x* kommende Harz wird von dem Blech *q* rückwärts in die Retorte geleitet, wo die

Kohls liegen. Letztere werden durch das Gitter *l* verhindert in den Retortenhals *B* vorzufallen, in welches nur das Gas eintritt, um durch ein Rohr abwärts in den Theersammler *C* und von da durch *E* in das Kühlrohr *D* zu gehen, welches in einem langen Troge *P* in Wasser liegt. *C* bleibt stets, und zwar zum größeren Theil mit Theer angefüllt, um die Mündung von *w* abgesperrt zu erhalten; diese taucht also in *C* ein, während das hinter der Durchschnittsebene der Zeichnung gelegene Gasrohr *E* von oben nur eben durch die Wand der Vorlage *C* geht. Der über *x* befindliche Hals *F* trägt den kleinen Ansatz *a'*; dieser, so wie *a''* und *a'''* sind fortwährend geschlossen und dienen nur zum Einführen von eisernen Stäben zum Reinigen der Retortenzugänge. *a* ist ein gerade so eingerichteter Ansatz, um den Deckel der Retorte anzuschrauben. Es sind nämlich *a*, *a'*, *a''* und *a'''* sämmtlich mit Bügeln und Schrauben versehen, um kleine Schlußplatten flach gegen die Oeffnungen zu pressen. In einem solchen Ofen geht also die Destillation ununterbrochen fort, bis der Kohlenabsatz in der Retorte ein Umfüllen derselben erforderlich macht. — Das Harzgas ist weniger leuchtfähig als Delgas und ungefähr von der Güte des Kohlengases und hat in mehreren großen Städten, wie Frankf. a. M., Antwerpen u. a. Eingang gefunden. Man erhält 14 — 23 C. F. Gas aus 1 Pfd. Harz.

Harzgas.

Wenige Fälle sind in so hohem Grade geeignet, den praktischen Werth der Gasbeleuchtung vor Augen zu führen, als das Verfahren der Anstalt von Houdreau Muiron in Rheims, woselbst man sehr gutes Gas aus einem sonst weggeworfenen Abfall gewinnt, den die Fabrikanten nunmehr gut bezahlt bekommen, während sie früher sich mit Kosten seiner entledigen mußten. Dieser Abfall ist das Seifenwasser, welches nach dem Entfetten der Wollentücher zurückbleibt. Außer dem unveränderten Fett, womit jene Waaren noch von der Spinnerei her behaftet sind, enthält das Seifenwasser eine Auflösung von öl- und talgsaurem Natron nebst in Flocken darin schwimmendem eben solchem Kalk, und endlich was aus der Wolle von Thierstoffen aufgenommen wurde. Aus allen Punkten der Stadt wird das Seifenwasser in den Behälter der Anstalt zusammengefahren; man versetzt gegen 300 Etr. auf einmal, mit 2 % Schwefelsäure (oder doppelt soviel Salzsäure) mit gleichen Theilen Wasser verdünnt. Nach 12 bis 18 Stunden ist vollkommene Gerinnung eingetreten; das Wasser enthält Glaubersalz (schwefel. Natron) gelöst, indem sich etwas Gyps zu gleicher Zeit bildet und eine unreine graue Fettmasse an die Oberfläche steigt. Sie besteht aus den fetten Säuren, Del und Thierstoffen mit viel Wasser; schon vorher mechanisch von dem größten Theil befreit, verjagt man daraus den Rest desselben durch Aufschmelzen in kupfernen Kesseln und zapft den Inhalt in einen zweiten Kessel mit etwas Schwefelsäure, um eine Läuterung zu bewirken. Die darauf folgende Filtration liefert ein klares Del — welches mit roher (schwefelnatriumhaltiger) Soda unter Ausscheidung von Schwefeleisen eine sehr brauchbare Seife liefert — nebst einem schwarzen fettreichen aber festen Rückstand für die Gasretorten. Der Gang der Destillation ist wie bei Harz; der heute abfallende Theer dient morgen dazu, den festen Rückstand zu verflüssigen und aufzulösen u. s. w. Man bezahlt die Dhm Seifenwasser daselbst mit ungefähr 28 Kreuzern.

Gas aus
Seifenwasser.

Bei der trockenen Destillation von Thierstoffen, Knochen, Fleisch u. s. w. wie sie zur Darstellung von Knochenkohle, Beinschwarz u. s. f. längst fabrikmäßig

Gas aus
Thierstoffen.

Gas aus
Thierstoffen.

vorgenommen wird, entbinden sich Theer (stinkendes Del, Dippel's Thieröl) und Gase. Die Leuchtfähigkeit der letzteren hat neuerdings die Aufmerksamkeit der Techniker auf eine erfolgreiche Weise rege gemacht. Besonders hat Seguin diese Destillation im Großen mit Benutzung der Gase ausgeführt. Das Material, z. B. Fleisch gefallener Thiere enthält 60 % Wasser, welche durch Trocknen entfernt werden müssen, um es in den Retorten zerlegen zu können, was am schicklichsten bei der Kirschrothglühbirne geschieht. Der Schwefel (Bestandtheil des Albumins, Fibrins etc.) soll sich vorzugsweise als Schwefelkohlenstoff, der Stickstoff des Fleisches als (kohlen-saures) Ammoniak im Gase wieder finden. Gehörig abgekühlt, passiert es daher zunächst durch Chlorcalciumlösung, wobei sich kohlen-saurer Kalk und Salmiak bildet, und hierauf durch Röhren mit Schwefelstücken, welche den Schwefelkohlenstoff flüssig verdichten, um sich darin aufzulösen. Letzterer würde nämlich in der Flamme zu schwefliger Säure und Kohlenoxyd verbrennen.

Erläuterung
Leuchtgas.

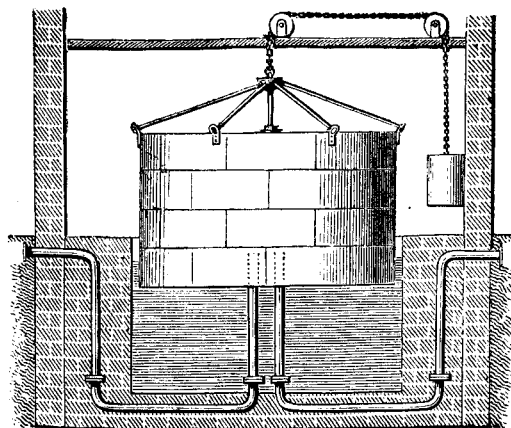
Nach einem längeren Stillstand in der Gasdarstellung sind einige neuere Verbesserungen in Ausführung gekommen, welche, anstatt wie bisher einen einzigen Stoff zu Leuchtgas zu zerlegen, vielmehr darauf hinausgehen, die Zusammenwirkung mehrerer bei der Zersetzung dergestalt einzuleiten, daß die Elemente des Leuchtgases aus ebenso viel verschiedenen Quellen entnommen werden. Am wichtigsten ist in ihrer Art die von Selligie in Paris gemachte Erfindung, harzige Stoffe in Gegenwart von Kohlenoxydgas und freiem Wasserstoff zu zerlegen. Es ist schwer anzugeben, welche Art von einzuleitendem chemischen Proceß dabei vorgeschwebt haben mag; wie dem auch sei, nach den (von Thénard, Darcet, Dumas) der Akademie und von Payen anderwärts erstatteten Berichten, sowie nach Erfahrungen, die man in der königlichen Druckerei gemacht hat, ist die genannte Erfindung als ein Fortschritt von Interesse.

Die bituminösen Mergelschiefer von Autun, wie sie Selligie benutzt, liefern durch Destillation etwa 10 — 20 % öligere Producte, welche zu $\frac{2}{3}$ aus einem leichten Del von 0,766 — 0,810 spec. Gewichte für die Gaszerzeugung bestehen. Zu dieser letzteren sind 3 glühende Cylinder erforderlich, welche stehend in einen Ofen eingemauert sind. Die beiden ersten sind mit Holzkohlen, welche man von Zeit zu Zeit, wie sie verzehrt werden, ersetzt, der letztere mit Retten und Eisenwerk gefüllt. Ein dünner Wasserstrahl läuft in den ersten Cylinder, verdampft und verwandelt sich auf den glühenden Kohlen in Kohlenoxyd- und Wasserstoffgas, ein Proceß, der sich in der zweiten Retorte vollendet, von wo die beiden Gase in die dritte Retorte eintreten, worin ein Strahl von Schieferöl auf dem glühenden Eisenwerke zerlegt wird. Die zersetzten Dämpfe des Wassers (Kohlenoxyd und Wasserstoff) bilden mit den Schieferöldämpfen hierbei das neue Leuchtgas. Durch gleichzeitige Zersetzung von 157 Pfd. Del mit 160 Pfd. Wasser in dieser Art, will man 13461 C. F. Gas (von 0,65 spec. Gewicht), und zwar von einer, das gewöhnliche um wenigstens das Doppelte übertreffenden Leuchtfähigkeit erhalten haben. Dies ist auf 1 Pfd. Del 86 C. F. dieses besseren Gases, während dieselbe Menge Schieferöl auf gewöhnliche Weise behandelt, nur 15 — 28 C. F. liefert. Die vorhandenen Angaben sind bei weitem unzureichend, den Widerspruch zwischen dem Zeugniß jener Autoritäten und dem anscheinend Unwahrscheinlichen in der Möglichkeit und Größe des Er-

folges aufzuklären. Jene Berichte enthalten zwar die bemerkenswerthe Thatsache, daß in der dritten Retorte schlechterdings kein Absatz von Kohle auf den Retorten zc. stattfindet, und somit das Gas nach Selligue'scher Art um die ganze Menge Kohlenstoff, die sich sonst als Retortengraphit abscheidet, reicher sein muß, als gewöhnlich bereitetes; sie sagen zwar ferner, daß Selligue'sches Gas bei -25° C. weder Dämpfe absetzt, noch überhaupt an Güte verliert (wonach die größere Güte des Gases auf chemischen, nicht physikalischen Gründen beruht); aber sie geben keine Bestimmungen, welche geeignet sind, den Chemismus seiner Entstehung aufzuklären. Denn es bleibt immer unbegreiflich, inwiefern die Leuchtfähigkeit des Gases durch die Zersetzungsprouducte des Wassers verdoppelt wird, da sich stets gleiche Raumtheile Kohlenoxyd und Wasserstoff bilden; wenn nun auch das letztere mit Kohle verbunden wird, so erfolgt doch stets in derselben Zeit eine Verdünnung des Gases mit ebenso viel Kohlenoxyd. Peligot fand in 99 Raumtheilen des neuen Gases 28 Kohlenoxyd, 15 Wasserstoff und 56 Kohlenwasserstoffe (aller Art). Wenn aus 1 Pfd. Del 86 C. F. Gas von 0,56 spec. Gewicht erhalten werden, so wiegen diese 2,459 Pfd., es sind also durch Wasserzersetzung zu den Elementen des Schieferöls 1,459 Pfd. Wasserstoff und Kohlenoxyd hinzugetreten, welche jedes 34 C. F. in 86 Gas, oder nahe 40 % ausmachen. Wenn auch ein Theil des Wasserstoffs dazu dient den Kohlenabsatz zu verhüten, indem er sich in Kohlenwasserstoff verwandelt, so bleibt doch Angabe (40 %) und Analyse (28 %), in Betreff des, die Leuchtkraft ebenfalls vermindernenden Kohlenoxyds, vor der Hand unvereinbar.

Die Gaszerzeugung geht mit dem Verbrauch, welcher weder zu denselben Stunden, noch in derselben Menge stattfindet, als es die Retorten liefern, nicht Hand in Hand; auch würde der ursprüngliche Druck daselbst viel zu schwankend und zu hoch für gute Gasflammen sein. Um die Anforderungen mit diesen Uebelständen auszugleichen, dienen in den Gaswerken große in Wasser umgestülpte, unten offene Behälter, welche eines Theils Vorrathskammern sind, worin aber andern Theils zu gleicher Zeit — was sehr wichtig ist — dem Gase der Druck,

Fig. 60.



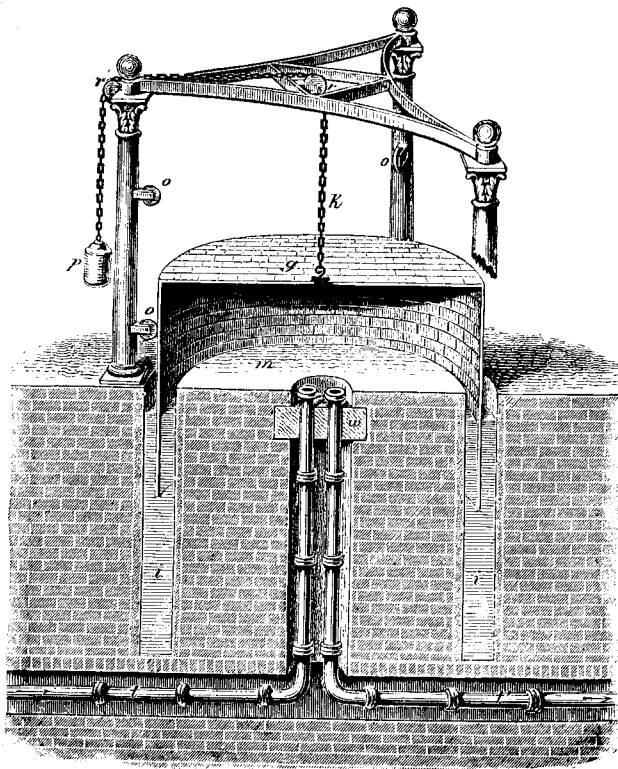
und zwar genau der angemessene Druck erteilt wird, unter welchem dasselbe an den Ort seiner Bestimmung auf eine für das Brennen zweckmäßige Art strömen muß. Solche Behälter werden sehr uneigentlich Gasometer genannt. In Fig. 60. sind die einzelnen Theile des Gasometers leicht zu übersehen. Ein flach walzenförmiges Gefäß hängt mittelst einer am Deckel befestigten Kette, die über zwei an einem Balken der

Der Gasometer.

Der Gasometer.

Decke befestigte Rollen geht, an einem Gegengewicht. Der offene untere Theil taucht in einen Wasserbehälter, in welchen zugleich die Röhren zum Zu- und Ablassen des Gases einmünden. Für große Gasometer hat diese Art der Aufhängung praktische Schwierigkeiten, insofern der längere Balken das Gewicht ohne Biegung nicht mehr zu tragen vermag; auch ist dann die große Wassermasse, welche bis zu 80000 Dhm betragen kann, die Quelle von großen Unbequemlichkeiten, besonders in der kältern Jahreszeit, wo man nicht selten Dampf einleiten muß, um das Gefrieren zu verhüten. In diesem Fall ist die Einrichtung Fig. 61. vorzuziehen.

Fig. 61.



Der Gasometer *g* ist eine, aus starkem Eisenblech nach Art der Dampfkessel zusammengenietete Trommel. Ein mehrfacher, heiß aufgetragener Anstrich von Theer auf beide Oberflächen ist hinreichend, dieselbe, der vielen Nietstellen ungeachtet, vollkommen gasdicht zu machen. Statt in einem vollständigen Becken spielt der Gasometer *g* nur in einem ringsförmigen Zwischenraum *ii* aus Mauerwerk; in dem runden Pfeiler *m* befindet sich ein Kanal für die Röhren *t* und *t'*, welche auch in *i*, aber weniger bequem angebracht werden können. Es versteht sich, daß dieser Kanal *o* an einer passenden Stelle, wie *o* der Abbildung, gegen das Entweichen des Gases geschlossen sein muß. Die Oberfläche von *i* ist

mit Cement verputzt, wodurch sie vollkommen wasserdicht wird. In ihrem Mittelpunkt schwebt die Trommel an der Kette K , deren Rollen $r r$ an dem dreieckigen (gußeisernen) Galgen befestigt sind; p ist das Gegengewicht. Um Schwankungen zu verhüten, steigt die Blechtrommel g an den Leitrollen $o o o$ auf und nieder. Damit man das Wasser in i , welches ziemlich rasch in dem stets sich erneuernden Gase verdunstet, nicht zu oft erneuern muß, pflegt man eine Schicht Theer aufzugießen. Sehr häufig ist es wohlfeiler, aber dabei weit weniger bequem und mehr Raum versperrend, die Wasserbehälter nicht zu mauern, sondern aus Gußeisenplatten zusammenzufügen, weil alsdann das Ganze über die Hüttensohle zu stehen kommt. Leichtigkeit der Reparatur und bleibender Materialwerth sind Vortheile, welche hierbei der geringeren Dauer gegenüber stehen. Für sehr große Gasometer ist die zweckmäßigste Aufhängung, wobei jedes äußere Gerüste wegfällt und das Gegengewicht nicht mehr außen, sondern in der Ase des Apparates angebracht ist, die folgende. In der Ase der Trommel ist nämlich ein weites Rohr an den Deckel befestigt, wodurch diese gleichsam zu einem (freilich sehr dicken) Ringe wird; ein zweites, etwas engeres Rohr steigt vom Boden des Wasserbehälters auf und trägt 3 starke Eisenstangen mit Rollen. Beim Auf- und Niedergehen des Gasometers spielt das letztere feststehende Rohr mit den Tragstangen frei in jenem an der Trommel befestigten. Die 3 Ketten gehen über die Rollen und tragen das Gegengewicht, welches sich innerhalb beider Röhren bewegt. — In großen Gaswerken zieht man es vor, anstatt eines allzu großen Gasometers, lieber mehrere von Mittelgröße anzulegen, obgleich dadurch mehr Kosten entstehen. Dem soll die Einrichtung begegnen, welche Ta it angegeben hat: in einem und demselben Wasserbehälter werden 3, 4 und mehr Trommeln, wie Fernrohrauszüge, in einander geschachtelt, von denen nur die äußere einen Boden hat. Jeder obere Rand der einzelnen Glieder ist breit und rinnenförmig nach außen, jeder untere ebenso nach innen zurückgebogen. Mit dem zuströmenden Gase steigt zuerst die äußere Trommel, und hebt, auf dem höchsten Punkt angekommen, die zweite dadurch, daß ihr Rand und der der ersten noch unter Wasser in einander greifen, wobei sich die Rinne damit füllt, um das Gas abzusperrern. Sedenfalls ist hierbei die Ausführung höchst schwierig.

Was die Gestaltverhältnisse der Gasometer betrifft, so werden diejenigen den Vorzug verdienen, welche am meisten Gas bei dem geringsten Material- (Blech) aufwand bergen. Diese gehören einem Cylinder an, denn eine andere Form ist nicht anwendbar, dessen Halbmesser und Höhe einander gleich sind, doch giebt man einen Fuß an Höhe zu, damit der Rand stets untergetaucht bleibt. Der Inhalt, und mithin Durchmesser, oder Höhe der Gasometer hängt von dem Gasbedarf ab; soll die Trommel in ihrem höchsten Stande q C. F. Gas halten, so folgt aus 3,14

$$r^2 h = q \text{ zuerst } 3,14 \quad r^3 = q, \text{ (weil } r = h) \text{ und hieraus } r = \sqrt[3]{\frac{q}{3,14}}. —$$

Der Gang der ganzen Maschine ist leicht verständlich. Beim Füllen ist das Rohr t geschlossen, das aus t' strömende Gas sammelt sich unter der Trommel und beginnt diese zu heben, weil das Gewicht derselben schon durch p getragen wird. Zudem ist das Gewicht der Trommel mit dem des Gases zusammen, viel geringer, als das Gewicht eines gleichen Raumes Wasser. Bei einem Gasome-

Der Gasometer.

ter von 40' Durchmesser (und folglich 21' Höhe) ist das Gewicht des Blechs und Gases zusammen genommen im höchsten Stande (20') ungefähr 123 Etr., während ein gleicher Raumtheil Wasser 7800 Etr. wiegen würde. Sobald sich die Trommel bis zur Höhe ihres Radius gefüllt hat, wird t' abgesperrt und der Gasometer dadurch mit dem Ofen außer Verbindung gesetzt. Es handelt sich nunmehr darum, beim Verbrauch die Trommel so sinken zu lassen, daß dadurch das Gas unter dem durch Erfahrung ausgemittelten geeigneten Drucke ausströmt, welcher einer Wassersäule von 1 — 2 Zoll entspricht; es muß also das Wasser dabei außerhalb um 1 — 2 Zoll höher stehen, als innerhalb. Die Herstellung dieses Zustandes geschieht so, daß man an das Ausflußrohr eine gebogene Röhre mit Wasser bringt (ein Manometer) und das Gegengewicht so lange abändert, bis die Wassersäule des Manometers um 1 — 2" gestiegen ist. Aus nahe liegenden Gründen würde aber ein so geregelter Druck nicht lange gleich bleiben. Denn mit dem Eintauchen in das Sperrwasser verliert die Trommel mehr und mehr an Gewicht, und zwar gerade soviel, als das durch die Wand verdrängte Wasser ausmacht; es wird also gerade so sein, als ob man das Gegengewicht allmählig vermehrt hätte; der Druck wird abnehmen. Bei einer Trommel des obigen Durchmessers beträgt der Cubikinhalt von 10' Wand nahe 30 E. F., wodurch also auch 30 E. F. = 927 Pfd. Wasser verdrängt werden und der Druck um $\frac{1}{6}$ Zoll abnimmt. Diese Abnahme wird durch die Kette ausgeglichen, vorausgesetzt, daß man dieser das geeignete Gewicht gegeben hat. In jeder Stellung derselben wird ein Stück zum Gegengewichte, das andere Stück diesseits der Rollen zur Trommel zählen. Je tiefer diese steigt, je mehr wickelt sich von der Kette nach der Seite der letzteren ab; jedes abgewickelte Glied ist aber ein Gewicht, welches dem Gegengewicht entnommen, der Trommel zugelegt wird, so daß diese stets um das doppelte Gewicht des abgewickelten Kettenstückes schwerer wird. Das Gewicht der Kette muß daher so abgeglichen sein, daß das abgewickelte Stück gerade halb soviel wiegt, als das in derselben Zeit verdrängte Sperrwasser. — Außerdem ist es augenfällig, daß das specif. Gewicht des Gases für den Gang des Gasometers nicht gleichgültig sein kann. Bei Delgas, welches ziemlich die Dichte der Luft hat, ist das Gewicht des eingeschlossenen Gases nicht merklich von dem eines gleichen Raumtheils Luft verschieden; es wird also gegen die äußere Luft ungefähr Gleichgewicht sein. Nicht so bei dem $1\frac{2}{3}$ mal leichteren Kohlen- oder Harzgas. Der bereits aufgetauchte Theil wird sich gegen die umgebende Luft gerade so verhalten, wie der noch untergetauchte gegen das umgebende Sperrwasser, er wird — obgleich mit geringerer Kraft — darin ebenfalls zu steigen suchen. Es befindet sich, mit anderen Worten, der aufgetauchte Theil der Trommel unter den Bedingungen eines Luftballons, weil das eingeschlossene Gas leichter ist, als ebenso viel Cubikfuße (von ihm verdrängter) Luft. Wäre der Unterschied größer, als das Blechgewicht, so könnte der Gasometer aufsteigen; so wie es ist, wirkt seine Steigkraft lediglich vermindernd auf seine Last. Bei 40' Durchmesser und 20' höchstem Stande hält eine Trommel 25231 E. F. Kohlengas; während ebenso viel E. F. Luft 1020 Pfd. betragen, wiegen diese 662 Pfd.; es wird also in dieser Stellung der äußere Luftdruck das Gewicht der Trommel um 358 Pfd. vermindern, was bei der Ausgleichung der Kette in Rechnung gebracht werden

muß. Je mehr sich der Gasometer füllt — also steigt — um so mehr wächst seine Steigkraft, um so mehr vermindert sich aber auch der Gewichtsverlust durch das Eintauchen in Wasser. Ferner mehrt sich die Steigkraft bei größeren Dimensionen der Trommel mit dem Inhalte, jener Gewichtsverlust dagegen mit der Oberfläche, also in geringerem Verhältniß, so daß bei einem gewissen Durchmesser beide einander aufheben, oder gar der Druck mit dem Sinken der Trommel abnimmt.

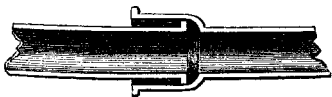
Die Fortleitung des Gases aus dem Gasometer geschieht, was die Hauptleitung betrifft, mittelst gußeiserner Röhren, von denen schon zum Theil oben die Rede war, in den Nebenleitungen aber und ganz besonders in den Häusern mittelst gezogener Bleiröhren. Von kupfernen Röhren hat die Erfahrung gelehrt, daß solche durch einen eigenthümlichen aus dem Metall und den Gasbestandtheilen gebildeten pulverigen Absatz gefährlich werden, der sich an der Luft sogleich von selbst entzündet. Gasröhren.

Beim Durchströmen des Gases findet eine Reibung an den Wänden der Röhren Statt, welche schnell mit dem abnehmenden Durchmesser wächst. Da es nun höchst mißlich ist, die durch solche Reibung verminderte Geschwindigkeit des Gasstromes mittelst eines stärkeren Drucks im Gasometer zu überwinden, so ist es nothwendig, die Röhren so zu erweitern, daß die Ausflußgeschwindigkeit des Gases in verschiedenen Abständen vom Gasometer nicht allzusehr wechselt, und darum wichtig, diese Reibungsverhältnisse in Rechnung nehmen zu können. Unter der natürlichen Voraussetzung eines gleichbleibenden Drucks im Gasometer, steht der Widerstand durch die Reibung, mit der Wurzel aus der Röhrenlänge (l) im Verhältniß. Es hängt also die Menge (q) des am Ende ausströmenden Gases einmal davon (von \sqrt{l}) und von der Weite, d. i. dem Quadrat des Durchmessers (d^2) ab, mit diesem wachsend, mit jenem abnehmend. Man hat also $q = \frac{d^2}{\sqrt{l}}$.

Erfahrungsmäßig läßt eine Röhre bei einer Länge von 316' in der Stunde gerade 400 C. F. Gas durch, wenn ihr Durchmesser einen Zoll (= 0,1 F.) beträgt. Man hat also $q : \frac{d^2}{\sqrt{l}} = 400 : \frac{0,1^2}{\sqrt{316}}$ woraus sich $d = \sqrt{\frac{q \cdot l}{711000}}$ ergibt (P r e c h t l). Von dem Punkt an, wo die erste Abgabe von Gas an die Nebenleitung beginnt, kann d um ein Entsprechendes vermindert werden.

Die gußeisernen Röhren werden von beiläufig 9 — 10', vorn mit einem umgebogenen Rand oder Wulst, hinten mit einem Mundstück gegossen. Wie beim Legen einer Gasleitung der Wulst der vorhergehenden in das Mundstück der nachfolgenden eingelassen wird, zeigt die Fig. 62. Der dadurch entstehende Zwischenraum gewinnt durch eingefeiltes gefettetes Berg und Bergießen mit Blei einen gasdichten Verschuß. Leichter ist dieser bei den Nebenleitungen herzustellen, wo man mit langen, biegsamen Stücken zu thun hat, (bei Bleiröhren) welche sich bequem löthen lassen. Die richtige Vertheilung, sowie die Einrichtungen der Gasometer machen eine sichere und bequeme Absper-

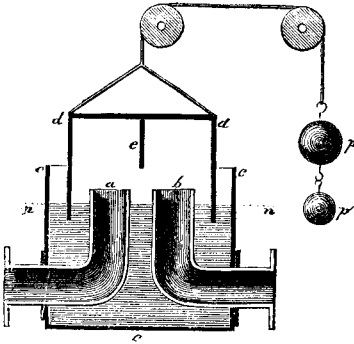
Fig. 62.



rung an verschiedenen Punkten der Leitung nothwendig; Hähne sind aber nur bei den kleineren Nebenröhren, nicht so in der Hauptleitung passend, wo sie über-

Sperrung. mäßig groß und plump ausfallen würden. Man hat darum die einfachere und bequemere Wasserabsperrung Fig. 63. an die Stelle gesetzt, bei welcher vollkommener Verschluss, aber ohne alle Reibung, stattfindet. An einem solchen Punkte treten zwei getrennt stehende Röhrenenden *a* und *b* in den mit Wasser gefüllten Kasten *cc*, welcher mit einer unter den Wasserspiegel *n* tauchenden, an einem Gegengewicht *p* spielenden Blechtrommel *dd* überfangen wird. In der angegebenen Stellung sind die Röhren in Verbindung, die aber vermöge der Scheidewand *e* sogleich aufgehoben werden kann, wenn man die Trommel *d* durch Hinwegnahme des Gewichts *p'* soweit herabläßt, daß *e* unter Wasser kommt. —

Fig. 63.



Undichte Stellen der Leitung, wie sie besonders häufig an Biegungen und Winkeln vorkommen, sind neben dem Verlust auch mit Gefahr verknüpft, weil Leuchtgas und Luft in einem bestimmten Verhältnisse gemengt, beim Anzünden heftig explodiren. Die That- sache, daß solche Explosionen überhaupt selten und in dem freien Zimmer- raume nie vorgekommen sind, ist auffallend aber leicht zu erklären. Denn in dem Zimmer selbst wird das aus- getretene Gas mit viel mehr Luft ver-

dünnt, als jenem Gemenge entspricht, und somit unschädlich; dagegen in Höhlun- gen der Mauern und Decken zc., wo allein solche Fälle vorkamen, ist die Wahr- scheinlichkeit der Bildung eines explodirenden Gemenges ungleich größer.

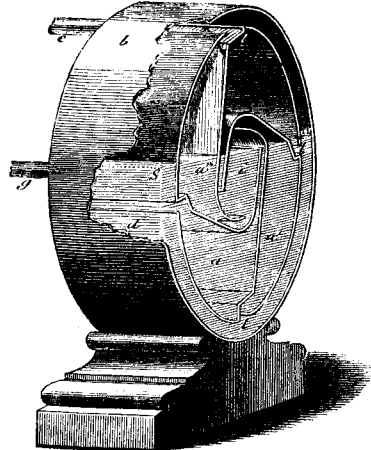
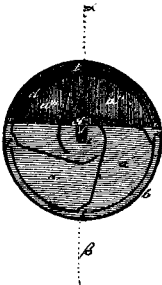
Die Controle innerhalb der Gasanstalt, so wie die Abrechnung zwischen der Anstalt und größeren Consumenten, wo man nicht über Bausch und Bogen die Anzahl Flammen und Stunden bezahlt, machen eine sichere und bequeme Be- stimmung des Verbrauchs zur Bedingung. Diese Aufgabe hat der Scharfsinn

Die Gasuhr.

englischer Mechaniker in der einfachen und sinnreichen Einrichtung der Gasuhr gelöst. Fig. 64. ist ein einfacher und Fig. 65. ein perspectivischer Durchschnitt senk-

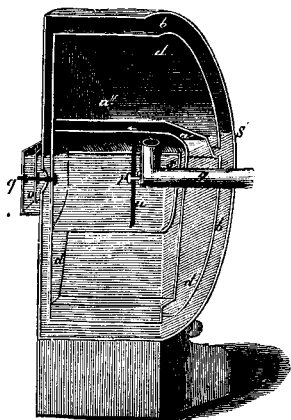
Fig. 65.

Fig. 64.



recht, Fig. 66. ein solcher parallel mit der Ase nach der Linie $\alpha\beta$ Fig. 64. Der zu Grunde liegende Gedanke ist folgender. Wenn eine Anzahl Gefäße von einem bestimmten Inhalte, z. B. 1 C. F., so disponirt sind, daß sie (ohne Gasverlust in der Zwischenzeit), eins nach dem andern, von dem durchstreichenden Gase gefüllt werden und zu dem Ende unter Wasser gestülpt sind, in welches das Gas, gerade wie bei dem Gasometer im Großen, einmündet, so sind nothwendig ebenso viele Cubikfuß Gas passirt, als sich Gefäße gefüllt haben. Sind nun jene (z. B. 4) Gefäße an einer drehbaren gemeinschaftlichen Ase angebracht, um welche sie sich beim Füllen und Aufsteigen bewegen, so wird endlich jede Umdrehung dieser Ase 4 C. F. durchpassirten

Fig. 66.



Gases entsprechen. In der Gasuhr selbst dienen statt der besonderen Gefäße von 1 C. F. 12 Abtheilungen einer Trommel von gleichem und bekanntem Inhalt. In einem Gehäuse bb , über die Hälfte mit Wasser gefüllt, dreht sich diese Trommel dd , durch 4 krumme Zwischenwände in ebenso viele Kammern a, a', a'' und a''' abgetheilt. Der Inhalt jeder einzelnen Kammer ist an der vorderen und hinteren Seite durch die ebenen Böden der Trommel d , von oben durch die krumme Scheidewand und von unten durch den Wasserspiegel ss geschlossen. Gegen die Mitte hin biegen sich jene Scheidewände zu dem Raum i zusammen und bilden dort Spalten zum Uebertritt des Gases aus einer Kammer in die folgende, so wie ähnliche Spalten tt , an der Peripherie der Trommel d , den Austritt desselben vermitteln. Das Eintrittsrohr g des Gases ist an der Rückwand von b eingelassen, tritt durch eine (unter Wasser befindliche) Oeffnung in d ein und einige Zoll in i vor, um sich dort bis über den Wasserspiegel (in die gerade darüber befindliche Kammer, hier a') aufzubiegen. An dem Knie von g ist der eine Zapfen r der Trommel d eingelassen, der sich unmittelbar davor in dem Stab u dreht. Der letztere (u) ist an zwei Punkten in i , (also an d selbst) befestigt ist. Der Stift q , in der Hinterwand von d , ist der gegenüberstehende Zapfen; er geht durch eine Oeffnung in b — deren Wasserverschluß aus der Abbildung hervorgeht — und trägt das Zahnrad o . Die Kammer a , oder a' 12., die sich durch das eintretende Gas füllt, wird dadurch leichter und steigt, unter Drehung von d , zuletzt über den Wasserspiegel ss und entleert alsdann ihren Inhalt durch den Spalt t in den Zwischenraum zwischen b und d , von wo das Gas durch das Rohr c weiter geht. Man sieht zugleich, daß in demselben Augenblicke (dieses Austritts) sich die folgende Kammer über g schließt, um das nachkommende Gas aufzunehmen u. s. f. Das Zahnrad o vermittelt durch Triebe die Bewegung eines Zeigers auf einem Zifferblatt vor d dergestalt, daß jeder zurückgelegte Theilstrich eine, oder 10, oder 100 Umdrehungen, mithin auch die durchgeströmte Gasmenge in C. F. angiebt. Bei der Verwerthung des Gases mittelst der Uhr ist es nicht unwesentlich, die Temperatur zu be-

Die Brenner.

rücksichtigen, denn es sind z. B. 1000 C. F. bei 0° C., 1075 C. F. bei 200°. Aus der Bleiröhrenleitung — innerhalb welcher die Gasuhr aufgestellt ist, wenn man eine solche anwendet — tritt das Gas durch gezogene Messingröhren, die aus der Wand hervortreten, nach den Brennern, von denen jeder mit einem besondern Messinghahn abschließbar sein muß. Die Anfertigung gutschließender Hähne hat bei der Dünne des Gases weit größere Schwierigkeiten, als bei tropfbaren Flüssigkeiten. Statt die genau gearbeitete kegelförmige Lillie mittelst Schrauben in der Nuß anzuziehen — wodurch entweder die Reibung zu groß, oder der Schluß mangelhaft ausfällt — ist es zweckmäßiger, dazu eine Uhrfeder zu benutzen, die die Lillie selbst ungeachtet der Abnutzung, stets im Schluß hält. — Die Brenner für Gas entsprechen den Lampenbrennern vollkommen; man hat darunter die an den Enden der Leitung angebrachten, zum Verbrennen des Gases bestimmten und besonders dazu vorgerichteten Mündungen zu verstehen. Weil man dabei weder Docht noch Velspiegel u. zu berücksichtigen hat, ist ihre zweckmäßige Einrichtung verhältnißmäßig einfach; aber gerade so wie bei den Kerzen und Lampen das Fett, muß die in einer gegebenen Zeit verbrennende Menge Gas im Brenner möglichst genau im richtigen Verhältniß mit der von außen zuströmenden Luft stehen, d. h. die Flamme darf ebenso wenig rauchen, wie zu kurz und blau sein. Eine solche Regelung findet theils durch den Hahn des Brenners Statt, theils wird jeder übermäßige Gaszutritt von vorn herein dadurch abgehalten, daß man das Gas durch sehr feine Oeffnungen austreten läßt. Beim Durchstreichen durch solche Oeffnungen vermehrt sich nun die ursprüngliche Geschwindigkeit des Gasstromes sehr beträchtlich und ertheilt dadurch der Flamme den passenden Umfang und Höhe. Dieselbe Menge Gas aus einer weiten Oeffnung tretend, würde nämlich eine stumpfe, kurze und trübe Flamme geben, weil mit dem Umfange derselben sich die Berührungsoberfläche mit der Luft vergrößert. Eine Gasflamme auf solchen weiten Mündungen ist im Wesentlichen aus gleichen Gründen mangelhaft, wie die oben besprochene Flamme dicker massiver Lampendochte. —

Wenn das messingene Mundstück des Gasrohrs, also der Brenner, an seiner Schlußplatte mit einer einzigen Oeffnung von der Dicke einer Schweinsborste (man rechnet $\frac{1}{28}$ " Weite für Kohlen- und $\frac{1}{15}$ " für Delgas) durchbohrt ist, so entsteht der einfache Strahl, eine lange, schmale, kegelförmige Flamme, wie sie sehr gewöhnlich sind. Viel zweckmäßiger und mit allen Vortheilen verknüpft, welche schon oben bei den platten Dochten auseinandergesetzt wurden, ist der Fledermausflügel, eine abgeplattete Flamme, die der Gasstrom bildet, wenn er anstatt aus einer runden Oeffnung vielmehr aus einem engen Schlitze austritt. Eine ganz ähnliche und gleich vortheilhafte Flamme giebt ein Brenner mit zwei dicht neben einander gelegenen Oeffnungen, deren Kanäle aber gegen einander geneigt sind, so daß sich die beiden Gasströme an ihrem Ursprunge kreuzen. Sie bilden dadurch eine flache, sich in Gestalt eines umgekehrten Dreiecks ausbreitende Flamme, den Fische Schwanz. Solche einfache Flammen läßt man in der Regel frei brennen. Bei einem größeren Lichtbedarf dagegen und überhaupt da, wo man eine intensivere stete Flamme nöthig hat, wählt man den Argand'schen Gasbrenner Fig. 67. Das Gas tritt aus der Leitung in den ringförmigen Zwischen-

Fig. 67.

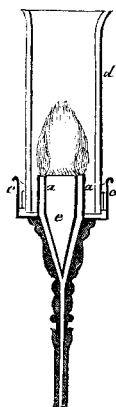
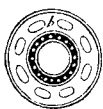


Fig. 68.



raum *aa*, der oben flach durch die Platte *b* Fig. 68. geschlossen ist. In dieser Platte befinden sich eine Anzahl feiner Oeffnungen im Kreise herum, und zwar einander so nahe, daß die einzelnen Flammen zu einem einzigen hohlen Kege! zusammenfließen. Die Gallerie *c* trägt das Zugglas *d*; zum Behuf des inneren Luftzugs ist *e* nach der Seite offen. Aus der Erfahrung geht hervor, daß ein solcher Brenner den besten Erfolg gewährt, wenn die Oeffnungen bei $\frac{1}{32}$ " Weite für Kohlen- und $\frac{1}{50}$ " für Delgas, bei diesem um $\frac{1}{8}$ ", bei jenem um $\frac{1}{6}$ " von einander abstehen. Diese Dimensionen müssen also für Kohलगas größer sein, als für Delgas bei seiner doppelten Leuchtfähigkeit. Immerhin müssen die Durchbohrungen so genau als möglich von gleichem Durchmesser ausfallen, wenn die Flamme nicht ungleich und von rauchenden Spitzen sein soll. Zuweilen benutzt man die Hitze der Flamme, um den Gasstrom vor seinem Austritt zu erwärmen, wodurch weniger Abkühlung und weißeres Licht der Flamme hervorgebracht wird. Man läßt zu dem Ende das Gasrohr in einer gewissen Höhe einige Biegungen über der Flamme machen. Eine wesentliche Verbesserung der Argand'schen Brenner für Beleuchtung öffentlicher Plätze, Brücken u., wo man häufig vorzieht eine Anzahl kleinere Lampen durch eine einzige größere zu ersetzen und

mithin ein sehr intensives Licht verlangt — sind die von Gurney nach dem Princip der Fresnel'schen Lampen eingerichteten »Budebrenner«. Zwei, drei, oder mehrere hohle Röhrenringe, jeder an der oberen Seite mit einem Löcherkranz versehen, bilden den Haupttheil des Brenners und sind unten durch horizontal gebogene Endstücke der Leitung verbunden, durch welche sie zugleich das Gas empfangen. Dabei legt man gern jeden inneren Ring etwas höher, als den äußeren, wodurch concentrische Ringsflammen entstehen, deren Licht durch Reflectoren nach der passenden Richtung gelenkt wird. Die Budebrenner sind übrigens nicht mit dem Budelicht desselben Erfinders zu verwechseln, welches in einer Argand'schen Dellampe durch Speisung des inneren Zugrohrs mit Sauerstoff hervorgebracht wird. Einen ähnlichen Effect, wie die Budebrenner, geben einzelne einfache, flache Flammen zu einem Ring angeordnet. Die Victoriabrücke zu Manchester z. B. wird von einem derartigen Brenner beleuchtet, der aus zwei concentrischen Ringen, jeder mit 12, also aus 24 flachen Flammen besteht; der innere Ring von 4 Zoll steht um 1 Zoll höher als der äußere zu $6\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, wodurch sich das Ganze gleichsam zu einer Rose abrundet.

Jeder, der sich des Gaslichtes bedient, weiß aus Erfahrung, daß die Größe ^{Regulatoren.} und Helligkeit der Flamme nach einmal getroffener unveränderter Richtigestellung, keineswegs gleichbleibt, sondern von Zeit zu Zeit durch Nachstellen des Hahns auf ihre normalen Verhältnisse zurückgeführt werden muß; dies ist am meisten in den späteren Abendstunden der Fall. Die Veränderungen der Flamme sind zwar ein treuer Spiegel aller Veränderungen des Drucks, welche rückwärts bis in den Gasometer stattfinden; dennoch kann der letztere nicht die Quelle dieser Stö-

Regulatorien. rungen sein, da man, wie gezeigt wurde, im Stande ist, alle Unregelmäßigkeiten seines Ganges auszugleichen. Im Gegentheil liegt der Hauptgrund, einige Nebenumstände abgerechnet, in dem ungleichenzeitigen Auslöschen der verschiedenen Brenner, welche von derselben Leitung gespeist werden. Gesezt, eine Leitung der Art versehe 1000 gleiche Brenner, und man habe einen derselben im Anfang auf seine beste Stellung — die höchste ohne zu rauchen — regulirt; so wird z. B. um 10 Uhr Abends, wenn 200 Hausbesitzer ihre Gaslichter gelöscht haben, aus jenem Brenner in gleicher Zeit $\frac{1}{4}$ mehr Gas ausströmen, als vorher, und mithin der Hahn um soviel enger gestellt werden müsse. Die letzte Zeit ist an Erfindungen zu diesem Zweck, sogenannten *Regulatoren*, sehr fruchtbar gewesen, ohne daß gerade eine dieser Einrichtungen allgemeinen Eingang gefunden hätte. Ihre Aufgabe, den Gang der Brenner von allen Veränderungen des Drucks unabhängig zu machen, hat man dadurch zu lösen gestrebt, daß man eben diese Druckveränderungen dazu benutzte, die Zutrittsöffnung durch einen Mechanismus so zu erweitern oder zu schließen, daß stets gleich viel Gas austritt.

Transportables Leuchtgas.

Die Vertheilung des Gases durch Röhrenleitung ist in Anlage und Erhaltung höchst kostspielig und dabei mit der großen Unbequemlichkeit verknüpft, daß man das Licht nicht wie Kerzen und Lampen an beliebige Orte setzen kann. Selbst die Gelenke der Brennerarme, wie sie oft angebracht werden, erlauben nur eine kurze bogenförmige Bewegung, keinen eigentlichen Ortwechsel. Diese Mängel haben zwei Erfindungen veranlaßt, die nicht übergangen werden dürfen.

Comprimirtes.

Die eine und ältere ist die des zusammengepreßten Gases, dem die Idee zu Grunde liegt, das Gas mit Gewalt in kleine Behälter zu drücken, die im Fuß lampenartiger beweglicher Brenner angebracht, alsdann für mehrere Stunden hinreichend Gas enthalten.

Das Delgas gewährt durch seine große Leuchtfähigkeit einen entschiedenen Vorsprung, indem $\frac{1}{2}$ Raumtheil davon einen ebenso großen Vorrath von Licht vorstellt, als ein voller Raumtheil Kohlengas. Wie man ausgemittelt hat, bedarf nun ein gewöhnlicher Brenner 1 C. F. Delgas per Stunde, also auf den Abend zu 6 Stunden, um sicher zu gehen, 8 C. F., welche, um auf $\frac{1}{4}$ C. F. — so viel vermag ein Lampenfuß höchstens zu fassen — zusammengepreßt zu werden, den ungeheuern Druck von 32 Atmosphären erfordern, einen Druck, der durch geringe Erwärmung noch bedeutend vermehrt wird. Die Behälter dieser Gaslampen müssen deshalb im Stande sein, wenigstens den doppelten Druck zu ertragen. — Die Verminderung der Leuchtfähigkeit durch Verdichtung von Kohlenwasserstoffen S. 136, so wie die Gefahr der Explosion, hat die Verbreitung dieser Methode bisjezt verhindert. Zudem hat es große Schwierigkeit, das Ausströmen des Gases gleichförmig zu machen, weil der Druck im Behälter mit dem Verbrauch abnimmt.

Nichtcomprimirtes.

Eine andere Methode, welche übrigens mit der vorhergehenden nicht einerlei Zweck hat, wurde von Houzeau-Muiron in Rheims eingeführt, von wo aus sie rasch in Amiens, Rouen, Paris u. Fuß gefaßt hat. Während die Vertheilung des Gases innerhalb der Häuser dieselbe, also auch Brenner und Flamme unbeweglich bleiben, hat H. Muiron nur die kostspielige Hauptleitung zu umgehen gesucht. Es dienen dazu besondere sehr große Karren oder vielmehr sehr

große Kästen aus leichtem Blech auf Rädern, worin ein weiter Schlauch von gasdichtem, gefirnissetem Zeug angebracht ist. Zwei entgegengesetzt spielende Ventile dienen zum Ein- und Auslassen des Gases in denselben. Man beginnt damit, den Schlauch zusammenzupressen, um die atmosphärische Luft auszutreiben, und schraubt das Füllrohr in die entsprechende Ventilmündung. Dieses Rohr geht in den Gasometer der Anstalt, den man darum nur sinken zu lassen braucht, um den Schlauch mit Gas aufzublasen, welches dann das Eintrittsventil von selbst geschlossen hält. Der Karren wird nunmehr vor das Haus des Consumenten gefahren, in dessen Keller u. ein kleiner Gasometer aus Zinkblech in einem hölzernen Bottich aufgestellt und ebenfalls mit einem Füllrohr versehen ist, nur läßt man dieses, wie natürlich, in das Auslassventil münden. Zur Entleerung des walzenförmigen Schlauchs dienen die beiden flachen Enden, welche aus hölzernen Boden bestehen und mithin steif sind. Sie werden durch Schnüre langsam gegen einander angezogen und das Gas somit genöthigt, aus dem Schlauch durch die Röhre in den Gasbehälter zu treten, von wo es eine Leitung von Bleiröhren nach allen Richtungen führt. Das Füllen, so wie es hier beschrieben wurde, ist ähnlich wie das Abladen von Wein durch Lederschläuche. Die kleinen Gasometer sind so einfach, daß sie nicht mehr als 30 — 35 fl. kosten. Die Schläuche fassen 200 — 1000 C. F. Gas. Nur beim erstenmal kann etwas atmosphärische Luft in den Falten des Schlauchs zurückbleiben, die später mit dem Gas ausgetrieben wird.

Schließlich folgen einige statistische Daten der Gasbeleuchtung Londons von 1840, um von der Ausdehnung einen Begriff zu geben, in welcher dieselbe an größeren Plätzen betrieben wird. Es sind daselbst zwölf Compagnien an dem Betrieb von 18 Gaswerken theilhaft, welche zusammen ein Capital von 33,6 Millionen Gulden vorstellen, womit jährlich 5,4 Mill. Gulden gewonnen werden. — Aus 362880 Ctr. Kohlen werden jährlich 2646 Mill. C. F. (ungefähr 65 Mill. Pfd.) Gas erzeugt. In der längsten Nacht werden 13 Millionen C. F. verbraucht, wozu 17942 Ctr. Kohlen erforderlich sind. Die 176 Gasometer der 18 Anstalten fassen 10 Mill. C. F. Gas. In den Anstalten arbeiten 2500 Personen; noch 380 weitere besorgen das Anzünden. Von 1822 an hat sich der Gasverbrauch nach 5 Jahren verdoppelt, nach 15 Jahren aber vervierfacht. —

Schon an und für sich von Interesse, wird die genaue Werthbeurtheilung der verschiedenen Beleuchtungsmittel vom Standpunkt des täglichen Verkehrs von hoher Wichtigkeit, weil eben die Beleuchtung als unabweisbares Bedürfniß von allen Classen der Bevölkerung, bis zu den Dürftigsten in Anspruch genommen wird. Jede Vereinfachung, jede selbst geringe Kostenermäßigung, welche die fortschreitende Gewerthätigkeit in diesem Zweige erringt, ist ein Geschenk von Tausenden unter die Armen vertheilt; jede Erhöhung des Glanzes und der Weiße des Lichts ein willkommenes Zuwachs zu den Annehmlichkeiten des häuslichen Lebens der Reichen; jede Verbesserung endlich im Beleuchtungswesen, besonders dem öffentlichen, ein dem Gemeinwohl geleisteter Dienst. Ohne tieferes Nachdenken sieht man sogleich, daß der Werth eines Beleuchtungsmittels schlechthin von zwei Dingen abhängt, nämlich: von der Menge Licht, die es liefert und von dem dabei (in gleicher Zeit) stattgehabten Verbrauch an

Nichtcompri-
mirtes.Leistung
der Leuchstoffe
und Leuchtein-
richtungen, so-
wie deren
Werth.

Leuchstoff *). Eine Kerze oder Lampe u. wird am tauglichsten sein, wenn sie die größte Lichtmenge aus möglichst wenig Talg, Del u., erzeugt. Der Verbrauch an Leuchstoff mit dem jeweiligen Marktpreis zusammengehalten, ergibt die Kosten des Lichts, welche in vielen Fällen noch mit den Anschaffungskosten der Beleuchtungseinrichtung in Vergleich zu ziehen sind. Die Bestimmung des Verbrauchs an Leuchstoff, sowie die Berechnung der Kosten daraus sind eine einfache Sache zu Jedermanns Verständniß; dagegen bedarf die Ermittlung der Lichtmenge einer näheren Auseinandersetzung.

Das Licht kann so wenig wie die Wärme der Menge nach gemessen werden, so wie dort kann man nie erfahren, wie viel Licht eine Flamme ausstrahlt, wohl aber wissenschaftlich ermitteln, wie viel mal mehr oder weniger Licht sie ausstrahlt, als eine andere. Alle Bestimmungen der Art sind also vergleichende. Schon die oberflächlichste Betrachtung zweier Flammen, z. B. einer Kerze und von Gas, läßt die eine, selbst bei gleicher Größe, ungleich heller erscheinen. Das Auge empfängt also aus der einen in dem nämlichen Augenblick vielmehr Licht, als aus der andern. Dieses Ausfenden ungleicher Lichtmengen in gleicher Zeit (oder in der Zeiteinheit), nennt man die verschiedene Lichtintensität oder Lichtstärke der Flamme, oder sonstiger Lichtquellen. Es liegt nun auf der Hand, daß die Kenntniß des Verhältnisses der Lichtintensität zweier Lichtquellen auch auf dasjenige der Lichtmengen führt, wenn man die Zeit berücksichtigt, oder daß es das Verhältniß der Lichtmengen geradezu ausdrückt, wenn die Zeit in beiden Fällen gleich ist.

Die Mittheilung des Lichts geschieht lediglich durch Strahlung; es kann also die Lichtstärke auch als die Summe der Strahlen bezeichnet werden, welche nach einer bestimmten Fläche hin gesendet werden, auf 1 Q. F. z. B. Wie von selbst klar, wird jene Summe mit der Entfernung von der Lichtquelle kleiner werden, weil sich die Strahlen stets mehr und mehr von einander entfernen. Den Gesetzen der Lichtlehre gemäß steht die Intensität (oder Summe der auffallenden Strahlen) im quadratischen Verhältniß der Entfernung; wenn man also eine gegenüberstehende Fläche mittelst zweier Flammen auf gleichen Grad erhellt, so werden sich die Lichtstärken beider wie die Quadrate des Abstandes verhalten, den man jeder Flamme geben müßte, um gleiche Helligkeit hervorzubringen. Dies ist nun gerade der Grundsatz, worauf die Bestimmung der Lichtstärken und Lichtmenge in der That beruht; der Maßstab für beide ist also die Entfernung, in welche man die zu vergleichenden Flammen bringen muß, um gleiche Helligkeit zu erzeugen. In der Ausübung ist es aber unmöglich, den Grad der Helligkeit auch nur annähernd zu bestimmen; man beobachtet daher nicht die Helligkeit, sondern ihre Verneinung, den Schatten, und zwar nach dem Grundsatz, daß das hellere Licht den tieferen, das schwache den schwächeren Schatten giebt; das übrige bleibt dasselbe. Bei solchen Versuchen bedient man sich einer mit ungeglättetem weißen Papier überzogenen Tafel, von welcher, etwa

*) Ein Werth also, der sich mit dem wachsenden Verbrauch vermindert, mit der wachsenden Lichtmenge aber vermehrt.

2 — 3 Zoll weit ein Eisenstab absteht, den man zuvor über der Lampe hat, mattschwarz anlaufen lassen. Dieser Tafel gegenüber, aber auf gleicher Höhe, werden die Flammen, welche man vergleichen will, so aufgestellt, daß die beiden Schatten — denn jede erzeugt einen solchen — dicht neben einander auf die Tafel fallen, worauf man die stärkere Flamme so weit entfernt, oder die schwächere so lange nähert, bis die beiden Schatten vollkommen gleich tief erscheinen, um endlich ihre Abstände vom Mittelpunkt der Flammen zu messen. Die Quadrate dieser Abstände geben das Verhältniß der Lichtstärken; hat man also eine Flamme z. B. dreimal so weit abrücken müssen, als eine andere, so ist ihre Intensität zu der der letzteren, wie $1^2 : 3^2 = 1 : 9$, oder 9mal größer. Da solche Beobachtungen gleichzeitig und gleichlang stattfinden, so geben sie zugleich das Verhältniß der Lichtmengen; für ungleiche Zeiten hat man dieses nur mit der zugehörigen Dauer zu vervielfältigen. Wenn demnach die eine jener Flammen 3 Stunden, die andere 2 Stunden brennt, so werden sie Lichtmengen entwickeln, die sich verhalten, wie $3 \times 1 : 2 \times 9$, oder $1 : 6$. — Beobachtungen der Art haben zwar Täuschungen im Gefolge, welche man übrigens vollständig beseitigen kann, so daß die für das praktische Leben gefolgerten Schlüsse nichts destoweniger vollkommen genau und gegründet bleiben. Hierher gehört vorzugsweise der Umstand, daß von zwei wirklich gleichen Schatten der Art, wenn man sie von der Seite betrachtet, der eine heller erscheint und umgekehrt, wenn man sich auf die andere Seite begiebt, — ein Umstand, welcher es zu Regel macht, stets in gerader Linie vor der Tafel zu beobachten. Uebung giebt hierbei die Regeln von selbst an die Hand.

Leistung
der Leuchtstoffe
und Leuchtein-
richtungen, so-
wie deren
Werth.

Die gleichzeitige Betrachtung der Lichtmengen (oder statt deren, wie meist, der Lichtstärken i) und des Leuchtstoffverbrauchs q führt auf den Begriff der Leuchtkraft o ; denn es ist $o = \frac{i}{q}$ ein Ausdruck, welcher bei Vergleichen die Lichtmengen aus gleichviel Brennstoff ergibt. Aus der Leuchtkraft und dem Preis des Leuchtmaterials zusammen entspringt der Beleuchtungswert, welcher mit dem Marktpreis wechselt und stets in verkehrtem Verhältniß damit steht.

Alle im Folgenden angegebenen Bestimmungen sind nach der beschriebenen Weise ausgeführt, welche sich ebenso gut dazu eignet, die Leuchtkraft der verschiedenen Stoffe, als diejenige verschiedener Leuchteinrichtungen zu bestimmen, wenn sie mit demselben Material gespeist werden. Die Methode ist also für die Ausübung von doppelter Wichtigkeit.

Wie bereits hervorgehoben wurde, sind alle Leuchtkraftbestimmungen ausschließlich vergleichend, woraus sich die Frage nach einem passenden Vergleichungspunkt ergibt. Dazu wird diejenige Flamme schlechterdings die geeignetste sein, welche während der Dauer der Versuche vollkommen gleiche Lichtstärke behält, eine Anforderung, welcher in ihrem ganzen Umfang keins der bekannten Beleuchtungsmittel entspricht. Indessen ist die Flamme der Carcel'schen Uhrlampe überhaupt von so nahe gleichbleibender Helligkeit, die noch dazu einige Stunden nach dem Anzünden gänzlich unveränderlich wird, daß man allgemein

Leistung
der Leuchstoffe
und Leuchtein-
richtungen, so-
wie deren
Werth.

Lampen, Kerzen und Gas damit vergleicht. Als man zwei ganz gleiche Lampen der Art so verglich, daß die eine fortwährend brannte, die andere dagegen bei den jedesmaligen Beobachtungen frisch angezündet wurde, so fand sich, daß die Helligkeit, wenn sie anfangs 100 war, nach $\frac{1}{2}$ Stunde auf 103, nach 1 Stunde auf 116 und nach 4 Stunden auf 117 stieg, eine Höhe, die sie 4 weitere Stunden unverändert beibehielt. Die Ursache der geringen Veränderlichkeit in der Intensität der Carcel'schen Lampe liegt, wie bereits auseinandergesetzt worden, in dem gleichbleibenden Niveau und der überschüssigen Zufuhr an Del; das Steigen der Helligkeit mit dem fortlaufenden Brennen dagegen möchte eher in der allmählig abnehmenden Wärmeentziehung durch die der Flamme benachbarten Theile zu suchen sein, im Maß als diese selbst heißer werden und darin endlich, daß der Ueberschuß an Del anfangs störend ist und durch die abnehmende Spannung der Feder auf den förderlichen Grad herabgestimmt wird.

Leuchtkraft
der Kerzen.

Es kann nach der Natur und Art, wie die Kerzen beleuchtend wirken, nicht auffallen, die Lichtstärke und also auch Leuchtkraft der Kerzen in so hohem Grade — selbst unter denselben Bedingungen — schwanken zu sehen. Anfangs, bei frisch geschneuztem Docht, wird diese verhältnißmäßig gering sein, aber ziemlich rasch wachsen bis auf einen Höhepunkt, um alsdann — durch übermäßige Länge der Schnuppe, angefeuchten Schwamm u. — so lange wieder abzunehmen, bis derselbe geschneuzt wird oder verbrennt, worauf das Spiel sich wiederholt. Peclet fand (durch Vergleichung mit der Carcel'schen Lampe), daß die anfängliche Lichtstärke 100 einer Talgkerze (6 = 1 Pfd.), nach 4 Minuten auf 92, nach 8 auf 50, nach 10 auf 41, nach 12 auf 38, nach 15 auf 34, nach 20 auf 32, nach 22 auf 25, nach 24 auf 20, nach 28 auf 19, nach 30 auf 17 und nach 40 Minuten auf 14 sank. Eine andere Talgkerze (5 ein Pfd.) sank von ihrer anfänglichen Helligkeit 100, nach 5 Minuten auf 76, nach 10 auf 55, nach 15 auf 44, nach 20 auf 39, nach 25 auf 32, nach 30 auf 30, nach 35 auf 24 und endlich nach 40 Minuten auf 15 herab. Es ist also weniger als $\frac{1}{2}$ Stunde hinreichend, um eine Kerze auf beinahe $\frac{1}{2}$ ihrer anfänglichen Helligkeit herabzustimmen. Dieselbe Verminderung ergab sich nach Rumford's Beobachtung, nämlich $\frac{1}{6}$ nach 29 Minuten. Wenn im Nachstehenden die Lichtstärke der Kerzen mit der der Carcel'schen Lampe verglichen werden, so ist darunter bei Talgkerzen die mittlere Lichtstärke des ungefähr 10 Minuten dauernden Zeitraums zu verstehen, welcher gewöhnlich zwischen dem jedesmaligen Schneuzen zu verfließen pflegt; für Stearin-, Wachs- und Wallrathkerzen dagegen die höchste Helligkeit, welche dann eintritt, wenn der Docht — ohne Schwamm anzusehen — angefangen hat, aus der Flamme hervorzusehen. Zuweilen, wie Schubarth u. A. gethan, vergleicht man auch die Kerzen, anstatt mit der Carcel'schen Lampe unter sich, aber dann mit viel größerer Unsicherheit.

Beobachtungen von Peclet.

Leuchtkraft
der Kerzen.

Art der Kerzen.	Verhältniß der Lichtstärke.	Verbrauch an Leuchtstoff in der Stunde.	Verhältniß der Leuchtkraft	
			unmittelbar.	der Carcel's- schen Lampe = 100
[Carcel'sche Uhrlampe	100,00	42,00 Kuböl.	2,318	100]
Talgkerzen, 6er . . .	10,66	8,51	1,253	54,04
„ 8er . . .	8,74	7,51	1,164	50,21
„ 5er . . .	7,50	7,42	1,011	43,61
Wachskerzen, 5er . . .	13,61	8,71	1,563	67,41
Stearinkerzen, 5er . . .	14,40	9,33	1,543	66,58
Wallrathkerzen, 5er . . .	14,40	8,92	1,614	85,68

Beobachtungen von Karmarsch.

[Uhrlampe	100,00	40,30 Kuböl.	2,481	100,00]
Talgkerzen, 6er . . .	13,20	10,51	1,256	50,61
Wachskerzen, 6er . . .	14,60	9,56	1,527	61,55

Beobachtungen von Ure.

[Uhrlampe	100,00	52,80 Wallrathöl.	1,894	100]
Talgkerzen, 3er u. 4er .	8,33—6,25	9,30	0,896—0,572	35,5—47,3
„ Palmer's	11,90	15,00	0,793	41,8
Wachskerzen, 4er, 5er oder 6er	9,10	8,10	1,123	59,3
Stearinkerzen, 5er . . .	9,10	11,00	0,827	43,7
Cocostalgstearinkerzen .	6,25	11,00	0,568	30,0
Wallrathkerzen, 3er . . .	9,10	9,20	0,989	52,2

Die Bedeutung dieser Zusammenstellung ist von selbst klar; ein Beispiel mag indessen zeigen, wie sich durch Zuziehung der Marktpreise der Leuchtwert berechnet. Für gleiche Schatten stand die Talgkerze 6er 3,265 Fuß, die Wachskerze 3,821 Fuß und die Uhrlampe 10 Fuß vom Schatten ab. Die Lichtstärken, folglich auch die Lichtmengen, verhalten sich darum wie $3,265^2 : 3,821^2 : 10^2 = 10,66 : 13,61 : 100$ (s. Tab. n. Peclet.). Während die Uhrlampe in einer Stunde 42 Grm. Del verzehrte, bedurften die Kerzenflammen 8,51 Talg und 8,71 Wachs. Mithin steht die Leuchtkraft derselben in dem Verhältniß von $\frac{100}{42} : \frac{10,66}{8,51} : \frac{13,61}{8,71} = 2,318 : 1,253 : 1,563 = 100 : 54 : 67,4$ (s. Tab.), welches die Lichtmengen vorstellt für gleichviel verbrauchtes Del, Talg oder Wachs. Wenn sich nun die Kosten für gleiche Mengen dieser Stoffe wie 1 : 1,42 : 4,64 verhalten, so betragen sie für die Lichtmenge 100 nach einander: 1 für Del, $\frac{100 \times 1,42}{54} = 2,63$ für Talg und $\frac{100 \times 4,64}{67,4} = 6,88$ für Wachs. Wenn also die

Leuchtkraft
der Kerzen. Carcel'sche Lampe in einem 6stündigen Abend für 6 Kr. Del verzehrt, so gehen für eine gleichgute Beleuchtung in derselben Zeit nahe $8\frac{1}{2}$ Kr. für Talg und beinahe $27\frac{1}{2}$ für Wachs auf.

Eine Vergleichung, wie die oben angestellte, ist dem gewöhnlichen Leben nicht ganz angemessen, weil man bei Kerzen nicht sowohl das Gewicht, als vielmehr die Stückzahl zu veranschlagen pflegt. Die Lichtstärke einer Talgkerze verhält sich nach oben zur Lichtstärke einer Wachskerze, wie 10,66 : 13,61 oder 7 : 9, man muß also 9 Talgkerzen anzünden, um dieselbe Helligkeit hervorzubringen, wie 7 Wachskerzen, wenn von jeder 6 auf's Pfund gehen. Dieses letztere ist nicht buchstäblich der Fall; so wog z. B. ein Pfundpaket der ersteren 458 Grm., der letzteren nur 426 Grm. anstatt 500, so daß 7 Wachskerzen 596 Grm., 9 Talgkerzen 702 Grm. ausmachen. Die 7 Wachskerzen kosten 86 Kreuzer und brennen 82 Stunden, 9 Talgkerzen aber 31 Kr. und brennen 68 Stunden, beide mit gleicher Helligkeit, welche also für eine gleiche Anzahl Stunden für 31 Kr. Talg- und für $\frac{68 \times 86}{82} = 71$ Kr. Wachskerzen kostet. Außerdem ist sehr zu berücksichtigen, daß der Stumpf einer niedergebrannten Kerze bei weitem geringwerthiger ist, als seinem Gewicht eigentlich zukommt und bei Luxuskerzen aus Stearin und Wachs u. verhältnißmäßig beinahe werthlos wird. Unter den obigen Versuchen sind die von Ure weniger genau, als die übrigen, besonders die von Peclet. Eine Vergleichung von Wachs- und Stearinkerzen (Berliner Fabriken) unter sich, welche mehrfaches Interesse, besonders durch eine Uebersicht über den Werth der Vierter, Sechser und Achter derselben Sorte gewährt, besitzt man, wie bemerkt, von Schubart.

Art der Kerzen und Ursprung.		Verhältniß der Lichtstärke.	Verbrauch in 1 Stunde Grammen.	Verhältniß der Leuchtkraft.
Gewöhnliche Wachskerzen von Lannhäuser	4er . .	103,5	7,877	85,20
	6er . .	91,0	7,176	83,20
	8er . .	100,0	6,562	100,0
Wachskerzen von Walker	4er . .	132,7	9,398	92,66
	6er . .	120,3	8,082	97,69
	8er . .	113,1	7,132	104,1
Stearinkerzen von Moutard	4er . .	117,4	9,427	81,74
	6er . .	111,8	9,383	78,23
	8er . .	121,0	7,877	100,7
Prachtkerzen aus Stearin von Maquet und Dehmichen	4er . .	139,5	10,63	86,11
	6er . .	132,7	9,398	92,66
	8er . .	125,0	8,506	96,54
Stearinkerzen von denselben	6er . .	116,1	8,871	85,86
	8er . .	146,0	8,886	108,0
Kerzen aus Palmwachs	4er . .	124,5	9,880	82,67
	6er . .	115,3	9,178	82,56
	8er . .	167,5	8,813	113,70

Es geht hieraus hervor, daß es für die Verzehrung in der Stunde nicht gleichgültig ist, ob 4, 6 oder 8 Kerzen auf's Pfund gehen. Von den letzteren

wird durchgängig am wenigsten, von den Sechsern mehr, am meisten von den Viertern verzehret. Während 1 Pfd. Achter Wachskerzen 62 Stunden brennen, so reicht 1 Pfd. Sechser 55 und 1 Pfd. Vierter nur 48 Stunden im Durchschnitt; in derselben Ordnung reicht 1 Pfd. Stearinkerzen 51, 49 und 45 Stunden. Ferner ist auch die Lichtstärke in gleichem Sinne verschieden, und zwar bei Achtern am größten, geringer bei Sechsern und am geringsten bei Viertern, beiläufig im Verhältniß von 15 zu 12 und 10. — Ein anderes, in den vorstehenden Versuchen liegendes Resultat, wonach die mittlere Leuchtkraft der Wachs- und Stearinkerzen fast dieselbe ist, steht mit den sehr genauen, mehrfach wiederholten Beobachtungen von Karmarsch, welcher die Leuchtkraft der Wachskerzen um ein volles $\frac{1}{4}$ größer fand, ohne die obigen Schlüsse zu gefährden, in einem Widerspruch, der sich nicht genügend aus den Versuchen erklärt. Man sieht endlich im Allgemeinen, daß die Bestimmung zweier Punkte, nämlich der Lichtstärke und der Zeit, welche eine Kerze zu brennen vermag, für sich allein hinreicht, das Verhältniß ihres Leuchtwertes gegen andere Kerzen festzustellen, ohne daß man das Gewicht kennt, welches in der Stunde aufgebraucht wird; denn das wahre Gewicht und sein Nennwerth sind bei einer Kerze immer verschieden, so daß eine Wachskerze (Ser) anstatt 66 Grm. nur z. B. 52 wiegt u. s. f. Auf diese Art hat Tyffe den Leuchtwertb verschiedener Kerzen bestimmt; doch sind seine Beobachtungen zu ungenau, um weitläufiger hier angeführt zu werden. Bei gleicher Lichtstärke brennt nach ihm eine Wallrathkerze 8, eine Wachskerze 9 Stunden; um also gleiche Zeit lang diese Lichtstärke hervorzubringen, werden 65 Wachskerzen auf 72 Wallrathkerzen ($= 8\frac{1}{8} : 9$) verbrennen müssen. Wenn daher der Preis der letzteren $3\frac{1}{2}$ mal höher ist, so stellt sich der Leuchtwertb wie $65 : 3,5 \times 72 = 1$: nahe 4. Mohr fand die Lichtstärke der Wallrathkerzen zu $\frac{86}{100}$ der Wachskerzen, was für die nämlichen Preise einen zu Gunsten der Wachskerzen fast 5mal geringeren Leuchtwertb giebt, der nach P e c l e t nicht das 5-, sondern nur etwas über das 3fache beträgt. Der Mangel an Uebereinstimmung ist übrigens, bei dem schwankenden Licht der Kerzen, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen vor auszusetzen. Wenn sich auch das Werthverhältniß verschiedener Kerzen nicht mit mathematischer Genauigkeit angeben läßt, so bleiben nichts destoweniger solche Versuche als ein Mittel, um das entschieden Bessere herauszufinden, immer werthvoll.

Warum, so könnte man fragen, wendet man nicht jene Mittel zur Vermehrung der Stetigkeit und Stärke des Lichts, wie sie bei dem Argand'schen Brenner beschrieben wurden, gerade wegen seiner Unbeständigkeit auf das Kerzenlicht an? Insofern die Flamme der Kerzen stets nach abwärts rückt, müßten mechanische Vorrichtungen angebracht werden, um entweder den Glaszylinder — von solchen kann nur die Rede sein — nachzurücken, oder die Flamme auf gleichem Höhenpunkt zu erhalten. Vorrichtungen der Art sind aber mit dem Hauptvorzug der Kerzen, ihrer großen Einfachheit, höchst schwer vereinbar. Aber selbst diese Schwierigkeit beseitigt gedacht, würde man dennoch keine Zuggläser anwenden, denn sobald man ein solches aufsetzt, vermindert sich die Flamme nach wenigen Minuten bis zum gänzlichen Verlöschen, rascher bei Wachs und Stearin,

Leuchtkraft
der Kerzen.

weniger rasch bei Talg. Die Ursache dieser Erscheinung ist naheliegend; denn wenn das Zugglas wirken soll, so muß die Flamme wenigstens zu $\frac{2}{3}$ in dasselbe eintauchen; gerade so wie bei den Lampen, wird sich der Luftwechsel (Zug) um die Flamme bedeutend vermehren und derselben — für den ersten Augenblick — größere Helligkeit und Stetigkeit ertheilen. Aber schon im folgenden Augenblick kühlt der lebhafte, gegen den Fuß des Doctes gerichtete Zug, diesen und die Umgebung so stark ab, daß ein Mangel an Fettzufuhr entsteht. Das Becken und der untere Theil des Doctes, anstatt mit einem Vorrath von geschmolzenem Fett angefüllt zu sein, erscheinen leer und trocken, die Flamme schwindet zusammen und zieht sich nach der äußersten Spitze des Doctes zurück, in eine Stellung also, die das Uebel noch vermehrt. Sowie man das Zugglas entfernt, nimmt sie sogleich ihren ursprünglichen Umfang wieder ein. Die Anwendung dieser Gläser wäre demnach nur bei Speisung mit erwärmter Luft ausführbar. —

Leuchtkraft
der Oele.

Die Leistung der Lampen hängt neben ihrer Einrichtung, wie natürlich, auch von der Natur des Leuchtstoffs ab, welcher darin gebrannt wird. In den nördlichen Gegenden ist dies Wallrathöl, Thran und ganz besonders Rüböl, in den südlichen geringere Sorten Olivenöl, wozu für beide noch hie und da die als Nebenproduct bei der Stearinfabrication abfallenden flüssigen Fettsäuren kommen. Die Leuchtkraft dieser verschiedenen Oele ist noch nicht so oft und genau untersucht worden, als es die Wichtigkeit des Gegenstandes erheischt, obgleich der dabei einzuschlagende Weg einfach und für die Ausführung ohne besondere Schwierigkeiten ist. Er besteht darin, daß man eine und dieselbe Lampe unter gleichen Umständen nach einander mit den zu prüfenden Oelen füllt und die Leuchtkraft bestimmt; alle Unterschiede können in diesem Fall nur von der Natur des Leuchtstoffs herrühren.

Dr. Ure bediente sich bei seinen — übrigens nicht sehr genauen Versuchen — einer Parker'schen Lampe und fand für:

	Lichtmenge.	Verbrauch in 1 Stunde Grm.	Verbrauch in 1 St. Lichtstärke = 100.
Wallrathöl	121	47,6	39,5
Südlichen Fischthran .	82	50,5	59,0
Olivenöl	90 $\frac{1}{4}$	53,2	54,4
Cocosnußölein	81	66,7	82,7

wonach — ohne Berücksichtigung des Preises — dem Wallrathöl der Vorzug gebührt.

Die zuweilen hohen Preise des Rüböls erlauben in nicht ergiebigen Jahren eine Versehung mit dem wohlfeileren Leinöl, wie sie denn nicht selten in dem Handel unterläuft. Für sich, wegen seiner Eigenschaft sich zu verdicken und zu einem Firniß einzutrocknen, in Lampen nicht anwendbar, ertheilt das Leinöl einem solchen Gemenge die lästige Eigenschaft, stark zu rauchen, d. h. schwer und unvollkommen zu verbrennen. Darauf hin geschehene Anpreisungen des Baumöls als geeignetes Ersatzmittel, wobei man insbesondre ein ökonomischeres Brennen geltend zu machen suchte, veranlaßte Karmarsch und Heeren, beide Oele in Bezug auf ihre Lichtstärke einer genauen Prüfung zu unterwerfen. Zwei, in

Dimensionen und Einrichtung ganz gleiche Wandlampen mit Argand'schem Brenner erlaubten eine unmittelbare Vergleichung, wobei alle Vorsichtsmaßregeln möglichst gehandhabt und durch jeweilige Vertauschung der Zuggläser einer etwaigen verschiedenen Wirkung derselben aller Einfluß zu benehmen gesucht wurde. Eine erste Versuchsreihe ergab als Mittel aus 12 Beobachtungen für Baumöl eine Lichtstärke 1066 bei einem Verbrauch von 460,9 Grm. in $9\frac{1}{2}$ Stunde, für Rüßöl bei einer Lichtstärke = 1000 einen Verbrauch von 428,4 Gramm in derselben Zeit. In einer zweiten Reihe betrug im Mittel aus 9 Beobachtungen die Lichtstärke des Baumöls bei einem 8ständigen Verbrauch von 359,5 Grm. $\frac{980}{1000}$ des Rüßöls, wovon 367,2 Grm. aufgingen. Es verhält sich

also die Leuchtkraft des Baumöls zu der des Rüßöls nach jenen Versuchen, wie $\frac{1066}{460,9} : \frac{1000}{428,4} = 2,313 : 2,334$, nach diesen, wie $\frac{980}{359,5} : \frac{1000}{367,2} = 2,726 : 2,723$, d. h. aus gleichen Mengen beider Oele wird gleichviel Licht entwickelt, aber von dem Baumöl, weil es ebenso viel Licht mehr giebt, als sein Verbrauch größer ist, in kürzerer Zeit.

Die Wichtigkeit der Reinigung des Oels von allen fremden, besonders schleimigen Stoffen, die schon oben hervorgehoben, zeigte Kaiser durch Versuche, welche leider nur den Verbrauch, nicht aber die Lichtstärke umfassen. Eine dochtlose Lampe, wie Fig. 19., wurde abwechselnd auf geläutertes und rohes Del gesetzt, worauf man Zeit und Verbrauch notirte. Es gingen auf diese Art in der Stunde 2 Grm. geläutertes, an rohem Del aber 1,82 Grm. warmgeschlagenes und 1,6 Grm. kaltgeschlagenes darauf. Demnach würden 100 Grm. des ersteren 50, des anderen $55\frac{1}{2}$, des letzteren $62\frac{1}{2}$ Stunden brennen. So lange man die gleichzeitig entwickelte Lichtmenge nicht kennt, läßt sich daraus unmöglich ein Schluß auf das Werthverhältniß ziehen. —

Nach ihren Einrichtungen, besonders nach der Wirkung der Döchte, steht ein vollkommen gleichbleibendes Licht nicht zu erwarten; dagegen stehen die Veränderungen der Lichtstärke in viel engeren Grenzen, innerhalb welcher sie, nicht wie die Kerzen, in fortwährendem Wechsel, vielmehr einer stetigen Abnahme unterliegt. Für die Carcel'sche Lampe ist diese Abnahme bereits nach Versuchen erörtert worden; überhaupt giebt eine einzige Beobachtung, oder die bloße Kenntniß der mittleren Lichtstärke einen sehr unvollkommenen Begriff über die Leistung der Lampen; gute Beobachtungen müssen daher stets ein Bild von der Abnahme der Helligkeit an einem Abend, also in 6 Stunden etwa geben. In diesem Sinn haben Peclet, sowie Karmarsch und Heeren ihren werthvollen Versuchen eine Uebersicht jener Abnahme beigegeben, welche beide nach einander hier aufgeführt sind:

Leuchtkraft
der Lampen.

Versuche von Peclet.

Verhältniß der Lichtabnahme.

Art der Lampen.	Dimensionen des Dochtes, Breite oder Durchmesser		Abstand des Oels vom Brennerende.	Lichtstärke						
	innerer.	äusserer.		in der 1ten Stunde.	in der 2ten.	in der 3ten.	in der 4ten.	in der 5ten.	in der 6ten.	in der 7ten.
Nr. I. Lampe mit glattem Docht und Zugglas	Linien. 7,2			100	100	98	98	97	96	96
Nr. II. Astrallampe	4,6	8,8		100	103	90	72	61	42	34
Nr. III. Simmbrallampe	6,4	11,2		100	102	95	83	81	78	60
Nr. IV. Desgl. mit intermittirenden dem Niveau	"	"	2,8	100	100	90	70	52	41	32
Nr. V. Lampe mit Sturzgefäß und Simmbrabrenner	3,6	10,0	2,8	100	100	97	95	92	89	86
Nr. VI. Lampe mit Sturzgefäß	4,4	10,4	8	100	103	82	79	75	72	65
Nr. VII. Lampe nach Girard	2,64	6,8	8	100	101	96	84	81	76	70
Nr. VIII. Philorier's Nr. 1.	6,4	11,2	2	100	106	103	100	94	92	90
Nr. IX. Desgl. Nr. 4.	2,64	6,8	2	100	101	101	101	100	98	96

Gegen einander auf ihre Leuchtkraft verglichen, ergaben dieselben Lampen Folgendes:

Nummer der Lampe.	Mittlere Lichtstärke während 7 Stunden, Uhr Lampe = 100.	Verbrauch in einer Stunde Grm.	Lichtmenge aus 100 Lb. Oel, Uhr Lampe = 100.	Nummer der Lampe.	Mittlere Lichtstärke während 7 Stunden, Uhr Lampe = 100.	Verbrauch in einer Stunde Grm.	Lichtmenge aus 100 Lb. Oel, Uhr Lampe = 100.
Uhr Lampe . . .	100	42,00	100	Nr. V.	41	18,00	95,4
Nr. I.	12,5	11,00	47,5	Nr. VI.	90	43,00	87,8
Nr. II.	31	26,71	48,7	Nr. VII.	63,7	34,71	76,5
Nr. III.	56	37,14	63,0	Nr. VIII.	107,7	51,14	90,3
Nr. IV.	85	43,00	82,8	Nr. IX.	45,0	17,26	109,2

Die Beobachtungen von Karmarsch und Heeren sind aus ganz gleichem Gesichtspunkte angestellt und in gleichem Sinn zu nehmen. Die vorderen Columnen der folgenden Uebersicht geben die Dimensionen der von ihnen gebrauchten Lampen.

Art der Lampen.	Breite des Dochts oder Durchmesser des Brenners.		Mittlere Licht- stärke aus je 12 Versuchen.	Verbrauch an Rüböl in einer Stunde Grm.	Lichtmenge aus gleich viel Del, Garcel'sche Lampe = 100.
	innerer.	äußerer.			
	Linien.				
Nr. I. Garcel'sche Uhrlampe . . .	6,8	9,2	100	40,64	100
Nr. II. Küchenlampe	3,2	(Dicke)	6,65	8,05	33,58
Nr. III. Lampe mit flachem Docht .	8,2	(breit)	15,13	9,40	65,71
Nr. IV. Desgl. mit Zugglas . . .	7,6		19,37	12,33	63,82
Nr. V. Tischlampe mit ringförmigem Öelbehälter; halbrunder Docht .	12,5		32,64	20,88	63,54
Nr. VI. Astrallampe	6,2	9,4	44,98	28,70	63,72
Nr. VII. Sinumbralampe	5,2	8,8	52,50	26,74	79,78
Nr. VIII. Lampe mit flachem Docht und Sturzflasche	8,4	(breit)	21,50	14,90	54,80
Nr. IX. Wandlampe mit Sturzflasche und halbrundem Docht	13,0	"	39,33	20,15	79,35
Nr. X. Dieselbe mit rundem Docht .	7,4	10,0	52,54	29,33	72,81
Nr. XI. Liverpool-Lampe mit Sturzgefäß†)	6,0	9,2	41,80	26,78	63,45
Nr. XII. Wandlampe mit beständigem Niveau und Regulator *) . . .	5,8	8,0	82,46	35,44	111,60
Nr. XIII. Hydrostat. Lampe . . .	7,4	9,2	92,44	38,94	113,90

Für die Lüdersdorff'schen Dampflampen fanden dieselben Beobachter:

Dimensionen.	Lichtstärke in der Mitte der Brennzeit.	Verbrauch an Leuchstoff in der Stunde.	Leuchtkraft.
Nr. I. mit 12 Löchern zu 0,4 Lin. in einem Kreis von 1 Zoll Durchmesser	130,7	560 Grm. Leuchtspiritus	36,2
Nr. II. mit 12 Löchern zu 0,4 Lin. in einem Kreis von 13,6 Linien Durchmesser	69,6	315 " "	34,2
Nr. III. mit 8 Löchern zu 0,4 Lin. in einem Kreis von 10,9 Linien Durchmesser	52,8	295 " "	27,7
Uhrlampe	100,0	155 " Rüböl	100,0

Schließlich möge noch eine Beobachtung Ure's über Parker's Lampe Raum finden:

Lampen.	Lichtstärke.	Verbrauch an Wallrathöl per Stunde Grammen.	Lichtmenge aus gleichviel Del.
Mechanische Lampe	100	52,7	100
Samuel Parker's Lampe	121	45,1	141

†) Siehe unten 173.

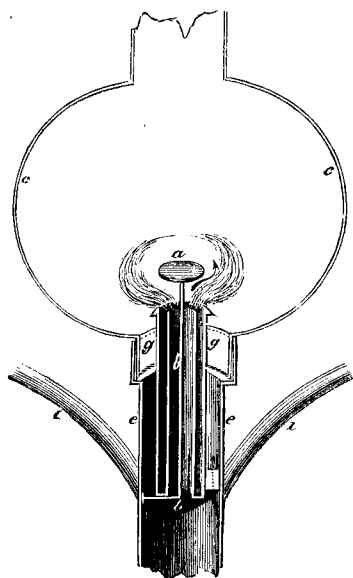
*) Diese Lampe, franz. Erfindung, vereinigt mit dem Vortheile des Sturzgefäßes die Einrichtung eines, dem Caron'schen ähnlichen Hahns, der das Del im Brenner so hoch steigen macht, daß es bei offenbleibendem Zufluß und ausgeblasener Flamme langsam ausfließt.

Die erste Tabelle enthält in Betreff der abnehmenden Lichtstärke einige auffallende Thatsachen. Während nämlich im Allgemeinen bei den Lampen, in deren Brenner der Delspiegel fortwährend sinkt, die Abnahme am stärksten ist, wie bei Nr. II., so ist dieselbe bei Nr. I. — wo sie am stärksten zu erwarten stand, nur unbedeutend. Ebenso sollte man denken, daß das Licht der Lampe Nr. III., welche bei denselben Dimensionen durch einen, nach Art der Sturzgefäße eingerichteten Ringbehälter in Nr. IV. mit gleichhoch bleibendem Delspiegel verwandelt wird — man sollte denken, daß diese Lampe dadurch eine geringere Lichtabnahme zeigen müßte. Dennoch beweist die Tabelle das Gegentheil. Offenbar sind in beiden Fällen (Nr. I. und Nr. III.) andere, die gleichbleibende Helligkeit befördernde Umstände, überwiegend geworden. Im Ganzen beträgt die Abnahme des Lichts nach 6 Stunden $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ ja $\frac{4}{5}$ der anfänglichen Stärke; nur bei den Uhrlampen und Thilorier'schen ist sie unmerklich, dafür erzeugen beide ihr Licht mit dem geringsten, die Lampe mit flachem Docht dagegen mit dem größten Aufwand an Del.

Die Unregelmäßigkeiten und scheinbaren Widersprüche in den Leistungen der Lampen lassen sich nur durch Abwägen des Einflusses verschiedener Nebenumstände gegen einander gehörig begreifen und erklären. Die ganze Kunst der Lampeneinrichtung vereinigt sich in der einzigen, aber auch inhaltsschwereren Bedingung, ein richtiges Verhältniß zwischen der zuströmenden Luft und dem gleichzeitig verbrennenden Del herzustellen. Obgleich die Beweglichkeit der Döchte und Zuggläser es möglich macht, sich tastweise diesem Verhältniß zu nähern, so bleiben doch selbst die besseren Lampen noch außerordentlich weit davon entfernt. Die Stellung des Dochtes kann eine gewisse Grenze abwärts nie überschreiten, weil derselbe stets so weit aus dem Brenner hervorsehen muß, daß in einer bestimmten Zeit so viel Del zur Verbrennung kommt, als das zum vorliegenden Zweck einmal nothwendige Licht erheischt; ein Umstand, welcher darauf hinweist, vielmehr den Zug der Stellung des Dochtes anzupassen, als umgekehrt. Man hat nun den Zug als zunächst von Weite und Höhe des Glases abhängig, ganz in seiner Gewalt; dessenungeachtet ist die Menge Luft, welche die Lampen der Flamme zuführen, ohne Ausnahme viel zu groß, und zwingt dieselbe, auf Kosten ihrer eigenen Temperatur und Lichtstärke, einen Antheil davon zu erwärmen, aus dem sie für ihre Ernährung keinen Nutzen ziehen kann. Die Nothwendigkeit dieses bekannten Nachtheils ist in der Natur des Materials der Zugröhren zu suchen, für welches man außer dem Glas keine Wahl hat. Aus der übrigens nicht ganz begründeten Besorgniß vor allzuleichem Zerspringen, wagt man es aber nicht, den Gläsern die geeigneten kleineren Dimensionen zu geben, bei denen sie allerdings einer weit stärkeren Hitze preisgegeben sind, als gewöhnlich. Statt dessen läßt sich aber der Zug auch durch die Dimensionen der Brennermündungen vermindern, durch welche der Zug nach dem Glase gelangt. Als nämlich nach Vecler 100 Gm. Del in einem Brenner mit 6,4 Linien Weite für den inneren Luftzug eine Lichtmenge = 1000 erzeugten, so war diese bei 4,8 Linien 1014, bei 3,6 Linien 1093 und bei 2,4 Linien 1209. Ganz enge Zugöffnungen dagegen bieten zu viel Reibung und erfordern verstärkten Luftzug. Der hierher gehörige Vorschlag, die Eintrittsmündungen für den inneren und äußeren Zug mit Schiebern zur beliebigen Stellung zu versehen, jedenfalls von

Vortheil, ist bis jetzt in der Praxis wenig befolgt worden. Houthouse fand, ^{Leuchtkraft der Lampen.} daß eine übertriebene Höhe der Zuggläser, z. B. 3 Fuß auf $\frac{7}{8}$ Zoll Weite die Flamme flackern macht, daß dagegen die beste Stetigkeit für dieselbe Weite bei 7" Höhe eintritt. Mehr als auf diese Punkte, waren die Verbesserungen der letzten Zeit dahin gerichtet, das Bestreben, den Luftzug zu brechen und nach der Flamme hinzulenken, wieder aufzunehmen und erfolgreicher zu verwirklichen; einen Grundsatz, von dem bereits gezeigt wurde, inwiefern derselbe den Lampengläsern mit Schultern Fig. 29. a. ursprünglich angehört. Unter diesen Verbesserungen, die sich also nur auf die Brenner und nicht auf die anderen Lampentheile beziehen, ist eine schon ältere, das Wesentliche der sogenannten *Liverpoollampe* = ^{Der Liverpooll-Brenner.} Der ursprünglich *Argand'sche Brenner* derselben, g Fig. 69.

Fig. 69.



wird mittelst der Röhre *i* mit Del gespeist. An der unteren Mündung desselben ist seitwärts ein Draht *b* befestigt, welcher sich in der Brenneraxe bis einige Linien über den oberen Rand erhebt, wo das vorragende Ende mit einem Schraubengang versehen ist. Dieser letztere hat die Bestimmung, eine runde Kupferplatte *a* (von der Gestalt eines Pfennigstücks) aufzunehmen, deren Durchmesser dem des Dochtes gleichkommt. Es ist schwer, von vorn herein den richtigen Abstand zwischen *a* und dem Brennerrand anzugeben, aber leicht, denselben durch Auf- oder Abschrauben versuchsweise zu finden. In Folge dieser Anordnung muß sich der innere Luftzug in seiner anfänglich senkrechten Richtung an der Platte *a* brechen und wird an deren unterer Fläche gezwungen, unter einem starken Winkel, also beinahe horizontal in die Flamme einzudringen, welche sich dadurch, anstatt der sonst gewöhnlichen Walzen-

form, kugelförmig ausbreitet (wie in der Figur angedeutet) und dem äußeren Luftzug in den Weg gelenkt wird. Die beschriebene Form der Flamme macht als eine zweite Eigenthümlichkeit eine kugelförmige Ausbauchung des Zugglases *c* nothwendig, welches vom Mantel *e* des Brenners getragen wird. Vollkommene Verbrennung, mithin hoher Glanz und Weiße, aber auch eine gewisse Unstetigkeit, welche übrigens, nicht in der Natur des Principes gelegen, durch passende Regelung des Luftzugs vermieden werden kann, zeichnen die Flamme aus.

Ganz auf demselben Grundsatz — den Luftzug unter einem Winkel in die Flamme einzuführen — beruhen die seit 1840 bekannt gewordenen Lampen von *Benkler* und *Ruhl* in Wiesbaden. Scheinbare Neuheit der Sache, das Ueberraschende an Eigenthümlichkeit und vorzüglichem Glanz der Flamme, zum Theil auch gediegene und gefällige Arbeit der Lampen selbst, ließen das Publi-

Um diese Vorzüge eine geraume Zeit hindurch mit dem wesentlicheren einer vortheilhafteren Benutzung des Oels verwechseln und verschaffen dieser Erfindung dadurch in Kurzem eine so ungeheure Verbreitung, daß schon am Schlusse des Jahres 1841 Wiesbaden in seiner Mitte eine Fabrik entstehen sah, die in ihrer Blüthe monatlich mit 60 Arbeitern 2400 Lampen fertigte. Freilich haben einige sehr übereilte Versuche, welche der physikalische Verein zu Frankfurt am Main als Gutachten veröffentlichte, das Ihrige zu einer Ueberschätzung beigetragen, welche erst im Laufe dieses Jahres durch genaue Beobachtung und ruhige Uebersetzung in die gebührenden Schranken zurückgewiesen wurde.

Von der Einrichtung der Benkler'schen Brenner im Ganzen sind Fig. 70. der Aufsriß und Fig. 71. der Grundriß, in Fig. 72. aber die oberen für sich bestehenden

Fig. 70.

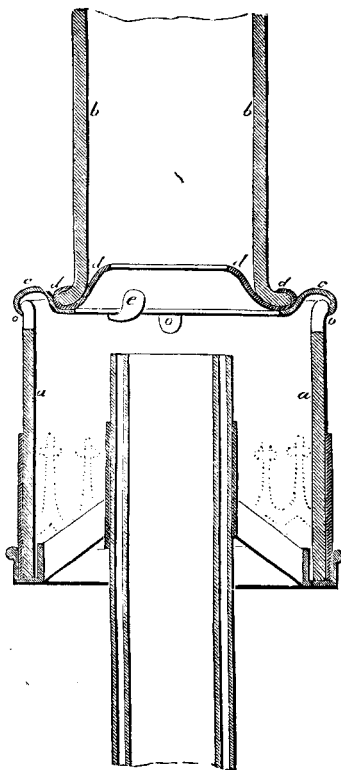


Fig. 71.

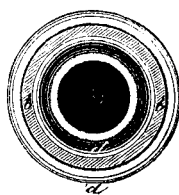
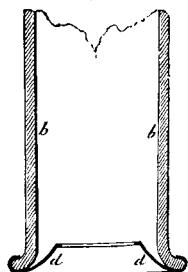


Fig. 72.



Theile wiedergegeben. Die Schulter des Zugglases entsteht hierbei durch Zusammenfügung zweier Stücke: eines engeren Glases *b* über der Flamme, mit einem weiteren *a*, welches unter dieser liegt. Gerade in diese Zusammenfügung ist nun der wichtigste Theil der Vorrichtung, ein kegelförmig sich erhebendes oben mit einer Oeffnung vom Durchmesser des Doctes versehenes Messingblech *dd* eingesetzt. Dieser oben offene, flache Kegel ist durch Umbiegen des äußeren Randes unbeweglich an das obere Glas *b* Fig. 72 befestigt. Die Zusammenfügung von *b* und *a* geschieht durch sogenannten Bajonettverschluß. Zu diesem Behuf befinden sich unten an dem Rande der

Platte *d* zwei Zungen *e*, welchen an dem Ringe *c*, womit der Rand von *a* eingefast ist, zwei Einschnitte entsprechen. Wenn man daher *d* auf *a* so aufsetzt, daß Zungen und Einschnitte auf einander passen, so reicht eine einfache Drehung von *d* hin, die Zungen unter den Ring *c* zu führen und dem Ganzen Halt zu verschaffen. Um *a* herum sind die Oeffnungen *oo* zur Vermehrung des äußeren Zugs angebracht. Der Hauptsache nach enthält das Benkler'sche Zugglas also eine, in bestimmtem Abstand über der Flamme befindliche, plötzliche Vereng-

gerung, vom Durchmesser des Dochtes, welche durch eine eingezogene Blechplatte hervorgebracht wird. Die Wirkung einer solchen Vorrichtung ist nicht schwer zu übersehen. Der äußere Luftstrom, der innere und die Flamme müssen gleichzeitig die Oeffnung von *d* passieren, wodurch eine lebhaftere Zusammenziehung erfolgt. Der äußere Strom drängt sich unter einem steilen Winkel gegen die Aue der Flamme und treibt diese selbst in den inneren Strom, dergestalt, daß eine innige Durchdringung der Luft und der Zersetzungsproucte des Oels stattfindet. Man sieht also die Flamme sich nach ihrem Querschnitt zusammenziehen und auf das Dreifache verlängern, wobei durch Abhaltung an der Verbrennung unthätiger Luft und die zweckmäßigere Richtung der dabei theilgenommenen, eine Flamme vom höchsten und weißesten Glanz unter bedeutender Wärmeentwicklung entsteht. Es herrscht darin die volle Weißglühhitze, weil durch gutgeleitete Verbrennung die schwebenden Kohlentheilchen stärker glühen, als in irgend einer andern Lampe. So hohen Hitzgrades ungeachtet, halten die Zuggläser — zum Beleg des vorhin gesagten — vollkommen Stand. Wie es die Natur der Sache mit sich bringt, befindet sich ein sehr kurzer Theil der Flamme — es ist der schwächer leuchtende — unterhalb der Platte *d*, ein längerer — der eigentlich leuchtende — aber darüber und wirft einen Schatten von *d* abwärts, welcher bei Steh- und Hängelampen wohl fühlbar, nur darum bei Bestimmung der Lichtstärke von keinem Einfluß ist, weil diese in der Richtung der Kanten von *d* vor sich gehen. Da nun eben diese Platte *d* keinen andern Zweck hat, als eine plötzliche Verengerung hervorzubringen, so hat man angefangen, Zuggläser in einem Stück zu verfertigen, welche an der entsprechenden Stelle mit einer Einschnürung versehen sind, etwa so wie in Fig. 33. — Die anfänglichen — wie bemerkt, sehr ungenauen — Versuche des Frankf. physikalischen Vereins ergaben eine doppelt so hohe Leuchtkraft für Lampen mit der Benkle'schen Vorrichtung, gegen eben solche ohne diese. Karmarsch und Heeren entschieden aber die Sache durch zahlreiche und mit Sorgfalt unternommene Beobachtungen, wobei sie besonders bedacht gewesen, bei Hingewerlassung der Vorrichtung *d*, den Lampen, die dadurch zu gewöhnlichen Argand'schen wurden, Alles zu gewähren, was dabei zum guten Brennen Bedingung ist. Auf diese Art wurden unter andern 3 Lampen untersucht, unter denen Nr. I. $\frac{7}{8}$ Zoll, Nr. II. $\frac{9}{16}$ Zoll und Nr. III. $\frac{7}{16}$ Zoll Brennerweite hatten. Man fand:

Benkle's
Brenner.

	Lichtstärke		Verbrauch		Verbrauch für die Lichtstärke = 1 Talgkerze	
	mit	ohne	mit	ohne	ohne	mit
	Vorrichtung.		Vorrichtung.		Vorrichtung.	
Nr. I.	1334	739	19,50	12,62	100,0	95,0
Nr. II.	656	336	8,94	5,37	100,0	105,2
Nr. III.	392	146	5,75	3,37	100,0	80,0

Zwei ganz gleiche Lampen mit Sturzgefäß und $\frac{7}{8}$ Zoll weitem Brenner zeigten ohne die Vorrichtung eine Lichtstärke = 1000 mit dem Oelverbrauch

Benkler's
Brenner.

= 14,56, gegen die Lichtstärke 1334 mit dem Verbrauch 19,5 bei vorhandener Vorrichtung, woraus sich das Verhältniß der Leuchtkraft wie $\frac{1000}{14,56} : \frac{1334}{19,5} = 68,4 : 68,7$ ergibt. Die beispielsweise angeführten, sowie die übrigen zahlreichen Resultate der genannten Beobachter beweisen schlagend, daß für weitere Brenner (über $\frac{1}{2}$ Zoll) in den Benkler'schen Lampen, um gleich viel Licht zu erzeugen, ebenso viel Del verzehrt wird, als in sehr gut eingerichteten gewöhnlichen Argand'schen; für engere Dochte scheint sich dagegen eine etwas vortheilhaftere Verbrennung zu ergeben. — In allen Fällen dagegen war die Lichtstärke bei Benkler'scher Vorrichtung bedeutend (zuweilen 2mal) größer, als bei denselben Lampen ohne diese; nahe in dem nämlichen Verhältniß steht aber auch der Verbrauch, woher der geringe Unterschied in der Leuchtkraft. Ausgezeichnet sind die Benkler'schen Lampen durch ein weißes, dem besten Leuchtgas vergleichbares Licht (daher Gaslampen) und eine Stetigkeit der Flamme, welche gegen Zugluft der Umgebung, Bewegung beim Tragen u. s. f. vollkommen unabhängig ist. Engere Brenner gewähren außerdem den Vortheil eines 4 und mehr Stunden hindurch nahe gleichbleibenden Lichts, während weitere Brenner eine schnelle Abnahme zeigen und sehr leicht — wenn keine nachträgliche Regelung durch den Docht stattfindet — zu qualmen anfangen. Eine Lampe von $\frac{3}{16}$ Zoll Dochtdurchmesser, mit flachem Delbehälter, ohne Sturzflasche, zeigte anfangs eine Lichtstärke von 185, nach einer Stunde 240, nach einer zweiten 268 und nach einer dritten Stunde noch 235. Die Lichtstärke einer andern von $\frac{3}{4}$ Zoll Dochtweite dagegen, sank von 748 und 869 in der ersten und zweiten Stunde, auf 634 und 603. —

In Räumen, wo mehrere Benkler'sche Lampen, als Kronleuchter oder sonst, zu gleicher Zeit brennen, wie in Sälen, Werkstätten etc., ist die Wärmeentwicklung durch die Lampen als Temperaturerhöhung fühlbar. Eine mittlere Lampe, deren Zugglas bei 0,6 Zoll weiter Einschnürung 1 Fuß hoch ist, schmilzt einen über die Mündung gehaltenen Zinkstab augenblicklich. Folglich ist die Temperatur an dieser Stelle wenigstens 360° C., wonach in der Minute 1,5 C. F. Luft (von 360°) den Cylinder durchstreichen, was noch sehr weit unter der Wirklichkeit ist.

Eine andere, und zwar vortheilhafte Eigenthümlichkeit der Benkler'schen Lampen liegt darin, daß sie es möglich machen, mit demselben Docht in gleicher Zeit mehr Del zu verbrennen, d. h. das im Brennen begriffene Dochtstück ist daran um Vieles höher. Für gleiche Helligkeit dürfen daher die Benkler'schen Lampen kleiner sein und verursachen somit weniger Anschaffungskosten. Dagegen ist die Verkohlung des Dochtes oft so bedeutend, daß z. B. die massiven Dochte, welche häufig vorkommen, darum ganz und gar verwerflich sind. Endlich verdient bemerkt zu werden, daß Thran und ungeläuterte Oele — gegen die frühere Ankündigung der Erfinder — in ihren Lampen ebenso wenig ohne Störung und Kohlenabsatz am Docht gebrannt werden können, als in anderen Lampen.

Wenn man sich vergegenwärtigt, daß Docht und Zugplatte *d* in den Benkler'schen Lampen einerlei Durchmesser haben, so wird es augenfällig, wie durch Höherstellen des ersteren zugleich mehr Del zur Verbrennung gebracht, zu

gleich aber auch der äußere Luftzug vermindert wird, und zwar in dem Maß, als der Abstand von d und dem Dochte abnimmt. In der höchsten Stellung — wo der äußere Luftzug dann ganz aufhört — bewirkt das eingetretene Mißverhältniß mit der allzustarken Abkühlung des Dochtendes durch die Platte eine sonderbare Erscheinung. Der noch übrige, innere Luftzug reicht nur noch hin, die blaue, schwache Flamme unterhalb der Platte zu nähren, während man oberhalb die Flamme erlöschen und in einen rauchenden Gasstrom übergehen sieht, der sich durch ein Licht an der Spitze wieder entzünden läßt, also da, wo der Strom sich mit äußerer Luft gemengt hat. Diese schwachleuchtende Spitze schwebt dann über dem aus der Platte hervortretenden unsichtbaren Gasstrom, welcher unterhalb wieder in schmale Flammen übergeht.

Der hohen Lichtstärke und Schönheit der Benkleer'schen Flammen gegenüber erscheint der durch Erfahrung und Versuche gelieferte Beweis, wonach sie aus gleichen Delmengen gleichviel Licht entwickeln, wie die nämlichen Lampen gewöhnlicher Einrichtung, sehr auffallend. Auch sind an der sehr nahe liegenden Ursache dieses Widerspruchs schon sehr viele derjenigen Verbesserungen gescheitert, welche eine höhere Intensität der Flamme bezwecken. Ueber einen gewissen Punkt hinausgetrieben, wird nämlich der Vortheil der Lichtvermehrung (mittelft ähnlicher Mittel, wie das Benkleer'sche) durch einen gleichzeitig entstehenden Nachtheil aufgehoben oder gar überwogen. Dieser Nachtheil ist die Abnahme des Umfangs der Flamme, also die Abnahme der lichtausstrahlenden Oberfläche. Bei einer gewöhnlichen Lampe ist die Oberfläche groß, aber schwächer leuchtend, bei Benkleer's dagegen klein und um etwa ebenso viel stärker leuchtend *). Man sieht daraus leicht, wie durch Ausbreitung der Flamme die Liverpoollampe die Benkleer'sche an Zweckmäßigkeit übertrifft, worin das Gegentheil, nämlich Zusammenziehung, stattfindet. Aus derselben Ursache bringen höhere, also stärkeren Zug bedingende Gläser keinen Nutzen mehr, weil sie den Umfang der Flamme ebenso vermindern, wie sie den Glanz erhöhen.

Unter den allgemeinen Einflüssen auf die Leistung der Lampen nimmt auch die Stellung des Dochtes ihren Rang ein, weil der Verbrauch an Del erfahrungsmäßig nicht mit dem Umfang der Flamme gleichen Schrittes wächst und der Umfang zunächst durch die Stellung des Dochtes gegeben wird. Nach Peclet war

die Lichtmenge aus gleichen Theilen Del erzeugt:

	Bei der Lampe mit platttem Docht.	Bei der hydrostatischen Lampe.	Bei der Ein- umbralampe mit intermittirendem Niveau.
In der größten Höhe der Flamme (ohne zu rauchen)	100	100	100
In der mittleren	64	74,4	92
In der kleinsten	43	25,5	45,5

*) Jene bilden mehr cylindrische, diese spitzekegelförmige Flammen. Angenommen,

Jenes Maximum der Flamme ist darum nicht für die Ausübung anzurathen, weil die geringste Veranlassung das Rauchen und Flackern wirklich herbeiführt und die Dochtverkohlung zu stark ist. Die höhere Leistung größerer Flammen findet übrigens ihre Erklärung in dem Eintreten eines richtigeren Verhältnisses zwischen Luft- und Delspeisung. — Von der Weite des ringförmigen Dochtraums der Brenner hängt ebenfalls Vieles ab. Bei ganz weiten Deltäumen, oder in offenen Gefäßen kohlten sich die Dochte bis auf den Delspiegel und stehen zuletzt in der Flamme, wie die Schnuppe eines ungeschneuzten Lichts, während in engen Brennern zwar stets über dem Rand ein weißer unverkohelter Ring bleibt, aber die Lichtstärke der Flamme doch bald abnimmt. Man sucht die gute Seite beider dadurch zu verbinden, daß man die fraglichen Räume im übrigen weit hält und erst eine Linie vom Rand enger werden läßt.

Leuchtkraft
des Gases.

Die Unbequemlichkeit, die Gasbrenner nicht tragen zu können, wird durch die entschiedenen Vorzüge großer Wohlfeilheit und einer Stetigkeit und Weiße des Lichts stark in den Hintergrund gedrängt. In der That ist bei der Gasbeleuchtung das Ziel, wonach die zahlreichen Verbesserungen der Lampenbrenner und ihrer Delspeisung streben, gleichsam von vornherein erreicht. Der Docht mit allen Störungen und Mängeln in seinem Gefolge fällt gänzlich weg, sowie die Schwierigkeit der geregelten Zufuhr an Leuchtstoff zu der einfachen Aufgabe eines gleichbleibenden Drucks zusammenschwindet. Während bei Kerzen und Lampen die gleichzeitige Erzeugung und Verbrennung von Gas in einer gegenseitigen störenden Abhängigkeit begriffen sind, so entwickelt sich die Verbrennung des Leuchtgases in den Mündungen ungehemmt zur höchsten Vollkommenheit des Lichts. Zur Bestimmung der Lichtstärke des Gases dienen Vorrichtungen (wie bei den folgenden Versuchen die Gasuhr S. 156.), um die Größe des Verbrauchs zu messen. Nach Brande sind nun, um das Licht von 10 Wachskerzen zu erzeugen, in einer Stunde 2,7 C. F. ölbildendes Gas, 5,1 Leuchtgas aus Del und 13,75 C. F. Kohlengas erforderlich, wonach die Leuchtkraft des Delgases 2,6mal größer als die des Kohlengases ist, aber nur halb so groß als die des ölbildenden. Einer andern Bestimmung zufolge geben 6,85 C. F. Kohlengas und 1,9 Delgas in der Stunde das Licht einer Carcel'schen Lampe, welche 42 Grm. Del verzehrt, was anstatt der 2,7fachen die 3,6fache Leuchtkraft des Delgases giebt, einen Unterschied, der nicht in fehlerhafter Beobachtung, sondern, wie Christison und Turner zeigten, in der verschiedenartigen Beschaffenheit der Gase selbst beruht. Sie wurden durch ihre Beobachtungen, mit Bezugnahme auf die Dichtigkeit, auf folgende Resultate geführt.

eine gewöhnliche Flamme von 1 Zoll Durchmesser und 1,5 Zoll Höhe leuchte so stark, als eine Benkler'sche von 0,5 Durchmesser und der 3fachen Höhe, so verhalten sich die betreffenden Oberflächen ungefähr wie 19 : 10. Dazu kommt noch, daß die unvollkommene Durchsichtigkeit, wie sie jeder Flamme eigen ist, bei den Benkler'schen mit dem abnehmenden Umfange wächst. Es wird also bei diesen mehr Licht der hinteren Hälfte durch die vordere verschluckt werden, als bei gewöhnlichen Flammen.

Specifisches Gewicht des Kohlengases. — des Delgases.			Verhältniß der Leuchtkraft Kohlengas : Delgas.	
0,659	—	0,818	100	: 140
0,578	—	0,910	100	: 225
0,605	—	1,110	100	: 250
0,407	—	0,940	100	: 354
0,429	—	0,965	100	: 356
0,508	—	1,175	100	: 310
0,529	—	0,986	100	: 272 im Mittel.

Leuchtkraft
der Gase.

Einem Bericht von Hedley an das Parlament zufolge beträgt die Leuchtkraft des Kohlengases an 12 Hauptorten Englands zwischen dem 4,408 und 1,645fachen von der einer Talgkerze ($6 = 1$ Pfd.), meist aber gegen das 2 bis 3fache, wobei der Verbrauch zwischen 2,3 und 1,5 C. F. (die Stunde), das specif. Gewicht aber von 0,58 auf 0,412 schwankt. An der Mehrzahl der Orte kosteten 100 C. F. 20, an anderen nicht voll 16 Kreuzer; in Leipzig zahlt man für ebenso viel Gas etwas über 17 Kr. (1840). Die um das Doppelte größere Leuchtkraft des Delgases bietet nun insofern sehr erhebliche Vortheile, als für gleichen Lichtbedarf bei weitem weniger umfangreiche Apparate, Gasometer u., also auch weniger Kapital gehört.

Für denselben Brenner und dasselbe Gas hängt die Lichtmenge von der Höhe der Flamme ab, welche in der Praxis bei nahe gleichbleibendem Druck durch die Stellung des Hahns, also eigentlich von der wechselnden Größe der Brenneröffnung hervorgebracht wird. Nach Christison und Turner wächst der Vortheil mit der Höhe der Flamme, aber nur bis zu einem gewissen Punkte, und zwar für den einfachen Strahl, nach folgenden Verhältnissen:

Länge der Flamme in Zollen.	Lichtstärke aus gleichviel		Kohlengas		Delgas	
	Kohlengas.	Delgas.	Lichtstärke.	Gas- verbrauch.	Licht- stärke.	Gas- verbrauch.
1		100	—	—	22,0	33,1
2	100	122	55,6	60,5	63,7	78,5
3	109	159	100,0	101,4	96,5	90,0
4	131	181	150,0	126,3	141,0	118,0
5	150	174	197,8	143,7	178,0	153,0
6	150	—	247,4	182,2	—	—

Der Punkt, wo aus der Erhöhung der Flamme für Delgas kein Vortheil mehr entspringt, ist also bei 4 Zoll, für Steinkohlengas dagegen, welches überhaupt höhere Flammen nothwendig macht, bei 5 Zoll. Gasverbrauch und Lichtstärke wachsen beide, letztere aber bis dahin in stärkerem Verhältniß. Noch mehr ist dies bei Argand'schen Brennern der Fall, wofür dieselben Beobachter für gleichen Gasverbrauch:

Die Lichtstärken .	100	282	560	582	582	504
bei	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	5 Zoll
fanden.						

Leuchtkraft
der Gase.

Nach Tyse's Versuchen über die verschiedenen Brenner, wobei er wahrscheinlich ein besseres Kohlendgas benutzte, ist der Zuwachs, wie folgt:

Argand'sche Brenner	mit 24 Löchern von $\frac{1}{40}$ Zoll u. $\frac{7}{8}$ Zoll Durchmesser d. Löcherkreises	—	100	121,8	—	188,5	—	236,6	235,4
	mit 42 Löchern von $\frac{1}{50}$ Zoll u. $\frac{21}{20}$ 3. Durchmesser d. Löcherkreises	100	136,6	—	176,2	—	194,8	—	242,3
	bei Zollen	1	1,5	1,75	2	2,5	2,75	3	3,5

Bei Fledermausflügeln fand er die Lichtstärke im höchsten Stand der Flamme 117, und im mittleren 105, wenn sie für gleichen Verbrauch im niedrigsten 100 ist. Endlich geben seine Versuche eine Uebersicht über die Lichtstärke, welche aus der nämlichen Gasmenge in verschiedenen Brennern erzeugt wird, wenn man diese einzeln in der besten Flammenhöhe vergleicht:

Brenner.	Einfacher Strahl.	Fledermausb.		Fischschwanzb.	Argand'sch. Brenner	
		kleinere.	große.		mit 24 Löchern.	mit 42 Löchern.
Lichtmenge aus gleichviel Gas	100	135	164	138	183,5	182,3

Nach den von Hedley berichteten Beobachtungen, die in einem Gaswerk in Sheffield angestellt wurden, verhält sich die Lichtstärke eines 4zölligen einfachen Strahls zu der einer 3,5zölligen Argand-Flamme (aus 14 Löchern), wie 1 : 4,4 bis 4,8 bei einem Verbrauchsverhältniß von 1 : 3 C. F., was einer 1,47 bis 1,6mal größeren Lichtmenge für gleichviel Gas zu Gunsten des Argand'schen Brenners entspricht. Aus dem übersichtlichen Bericht desselben Ingenieurs über die wichtigsten Gaswerke Englands geht (für Kohlendgas) hervor, daß bei einem durchschnittlichen specif. Gewicht von 0,476 ein einfacher 4 Zoll hoher Gasstrahl im Mittel 1,812 C. F. (= 1 C. F. engl.) in der Stunde braucht.

Die größere Wirksamkeit der flachen Flammen dem einfachen (runden) Strahl gegenüber, erklärt eine Beobachtung, welche man an den Argand'schen Brennern gemacht. Sobald die Oeffnungen derselben soweit auseinanderstehen, daß sie einen Kranz von einzelnen Strahlen bilden, ist die Wirkung (bei gleichem Gasstrom) $\frac{1}{3}$ schwächer, als wenn diese Strahlen durch ihre Nähe (von $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ Zoll) in einen einzigen flachen Ring zusammenfließen.

Noch muß bemerkt werden, daß die Wirkung der Zuggläser auf Gasflammen, denen sie ungleich entbehrlicher sind, eine ganz andere ist als auf die Dochtflamme der Lampen. Denn die Masse des Leuchtgasstrahls, wie er aus dem Brenner tritt, steht in ungemein viel richtigerem Verhältniß zu der Luft, welche in gleicher Zeit durch die Wärmeströmung frei zutritt, als dies bei der Masse des Gases der Fall ist, wie sie der brennende Dochttrand liefert. Gas neigt wenig zum Rauchen, frei brennende Argand'sche Dochtflammen brennen nie ohne

Rauch; diese bedürfen starken künstlichen Luftzug, für jenes dienen die Zuggläser, mehr um die Stetigkeit der Flamme, als um ihre vollkommene Verbrennung zu sichern. Man wählt sie daher stets kürzer als Lampengläser. Auf einen gewissen Grad vermehrt, den man bald erreicht, fängt die Zugluft an, den Fuß der Flamme zu kühlen und sich in Folge dessen mit dem Gas zu vermengen, wodurch eine Schwächung des Lichts, und zwar darum, entsteht, weil zu viel Kohle mit dem Wasserstoff zugleich verbrennt, mithin wenig in der Flamme zur augenblicklichen Ausscheidung kommt. Ein schlagender Beweis ist der bekannte Versuch, bei welchem eine sonst geschlossene Röhre aus Drahtgeflecht (durch welche hindurch bekanntlich eine Flamme nicht zündet) mit passender Mündung auf einen Gasbrenner gesteckt wird. Derselbe Strom, welcher ohne das Drahtnetz eine tadellose Flamme giebt, mischt sich darin innig mit Luft und brennt bei seinem Austritt mit blaßblauem Licht, indem alsdann die Ausscheidung von Kohlenstoff darin ganz und gar aufhört. Es liegt in diesem Verhalten ein bedeutsamer Wink für die Handhabung des Zugs bei der Beleuchtung im Allgemeinen. Auf ähnliche Weise kommt es zum Vorschein, wenn man dem austretenden Gas eine zu große Schnelligkeit ertheilt. Ueberschreitet diese ihre Grenze, so verlöscht die Flamme durch zu große Abkühlung; dagegen auf einen bestimmten Punkt getrieben, beginnt der Strom erst im Abstand von mehreren Linien von der Mündung zu brennen, aber blaß, weil dadurch das Gas Zeit gewinnt, sich mit Luft zu mischen.

Was in diesem Fall schadet, haben Buffon und Rouen neuerdings mit großem Scharfsinn zum Princip eines neuen Beleuchtungssystems für Terpenthinöl, Schieferöl, Steinkohlendöl, Harzgasöl zc. gemacht, kurz für die Oele, welche nach ihrer Zusammensetzung flüssige, flüchtige Kohlenwasserstoffe sind. Bei Gelegenheit der L ü d e r s d o r f f'schen Lampe wurde gezeigt, warum man solche Oele, wegen ihres hohen Kohlenstoffgehaltes am besten mit Weingeist gemischt brennt, indem sie für sich eine starkrauchende Flamme geben. Die beiden Erfinder lassen darum die Oele als Dampfstrahl unter einem Druck ausströmen, der unter Umständen von 4 bis 24 Linien (Quecksilber) wechselt, wodurch denn jene Erscheinung herbeigeführt und durch Einnengung von Luft der Ueberfluß an Kohlenstoff, aber ohne Beeinträchtigung der ungleichzeitigen Verbrennung, bezwungen wird. Es entstehen glänzende rauchfreie Flammen.

In dem Vorhergehenden findet sich Alles niedergelegt, was die Beurtheilung des Werthes erheischt, welcher den verschiedenen Beleuchtungsmethoden und ihren Gliedern im Leben zukommt. Der wahre Werth springt aber nur dann klar in die Augen, wenn man bei seiner Feststellung neben der Leistung auch den Preis zuzieht; darum sind in der nachstehenden Uebersicht (nach P e c l e t) die Kosten veranschlagt, welche die jedesmaligen Leistungen verursachen und der Preis für den Schoppen Del (= 0,9 Pfd.) zu 14 Kr., für 1 Pfd. Talgkerzen 22 Kr., Wachskerzen 1 Fl. 12, Stearinkerzen 48 Kr., 1 Schoppen Leuchtspiritus (= 0,8 Pfd.) zu 25 Kr., für 100 C. F. Kohlengas 20 Kr. und endlich für 100 C. F. Delgas 1 Fl. 13 Kr. beispieelsweise festgesetzt. Wie natürlich, ist der Preis vom Ort abhängig und mithin der Werth der Leuchtmittel für jeden Ort ein besonderer.

Leuchtkraft
der Gase.Vergleich der
Beleuchtungs-
mittel unter
einander.

Vergleich der
Beleuchtungs-
mittel unter
einander.

Beleuchtungsmittel.	Lichtstärke.	Verbrauch an Leuchtstoff in der Stunde.	Leuchtstoff, Uhrlampe = 100.	Preis von 100 Grm. Leuchtstoff. Kreuzer.	Kostet das Leucht- mittel die Stunde Kreuzer.	Kostet das Leuchtmittel bei gleichem Licht- stärke die Stunde Kreuzer.
Talgkerze, 6er	10,66	8,5	54,04	4,4	0,374	3,509
Wachskerze, 6er . . .	14,60	9,6	61,57	14,4	1,382	9,466
Stearinkerze, 5er . . .	14,40	9,3	66,58	9,6	0,893	6,200
Küchenlampe	6,65	8,0	33,60	3,11	0,249	3,740
Lampe mit plattem Docht	12,50	11,0	47,50		0,342	2,737
Astrallampe	31,00	26,7	48,70		0,830	2,679
Sinumbrolampe	56,00	37,1	63,0		1,154	2,061
Lampe mit Sturzflasche	90,00	43,0	87,8		1,337	1,485
Hydrostat. Lampe . . .	45,00	17,26	109,2		0,537	1,193
Uhrlampe	100,00	42,0	100,0	4	1,306	1,306
Dampflampe	130,70	151,0 G. Fuß	36,2		6,040	4,621
Kohlengas	127,00	8,70	—	20,0/100	1,74	1,37
Delgas	127,00	2,43	—	57,5/ G. F.	1,89	1,102

Unter allen ist also die mit Wachs die kostspieligste Beleuchtung, an welche sich die Stearinkerzen und die Dampflampe als außergewöhnlich theuer anschließen, wie es denn auch im Leben anerkannt ist. Dagegen giebt es sicher wenig Fälle, wo das Urtheil des Publikums und die wissenschaftliche Ausmittlung des Werthes so sehr von einander abweichen, als dieses bei den übrigen Beleuchtungsmitteln der Fall zu sein pflegt, vorübergehende Täuschungen, wie mit der Benckler'schen Lampe, gar nicht gerechnet. So zeigt ein Blick auf die letzte Columne, daß die Beleuchtungsarten, welche wegen ihrer angeblichen Wohlfeilheit von den Wohlhabenden zum Theil, von der unbemittelten Bevölkerung ausschließlich benutzt werden, gerade diejenigen sind, welche für einen gegebenen Grad der Helligkeit die meiste Ausgabe verursachen, wenn man die Luxusartikel, wie Wachs u. außer Acht läßt. Dieselbe Lichtmenge kostet aus Talglichtern erzeugt beinahe $\frac{3}{5}$ bis 2mal (je nach dem Preise), aus der Küchenlampe nahe 3mal und aus der Lampe mit plattem Docht über 2mal mehr, als aus der Uhrlampe. Ferner hört man nicht selten gute Lampen mit dem trivialen Namen »Delfseeser u.« gegen solche verwerfen, welche offenbar das Del mit weniger Vortheil verbrennen. Die Gründe dieser Ansichten sind mehr als bloße Irrthümer und verschiedenen Ursprungs. Vor allen kommen die Anschaffungskosten der Beleuchtungsmittel — abgesehen von den Ausgaben für den Leuchtstoff — in Betracht, insofern diese gerade bei den besseren Lampen u. am bedeutendsten, bei Lichtern, Küchenlampe u. s. f. aber gering sind. Der Unbemittelte ist also häufig einem Verlust ausgesetzt — der für einmal verschwindend klein, durch seine tägliche Wiederkehr endlich zu einer Summe anwächst — und zwar nur darum ausgesetzt, weil er die Summe für gute Lampen u. auf einmal nicht erschwingen

noch ausgeben kann. Ein anderer Grund liegt darin, daß die Lampen (die bes- Vergleich der
Beleuchtungsmittel unter
einander. seren insbesondere) nicht in allen Abstufungen der Größe gefertigt werden können, die dem zu den tausendfältigen Zwecken des täglichen Lebens so wechselnden Lichtbedarf entsprechen. Es ist dies in der That einer der gewöhnlichsten Fälle, wo man einfachere Beleuchtungsmittel wie Kerzen, Studirlampen u. bloß darum vorzieht, weil größere und besser construirte Lampen bei weitem mehr Licht geben, als der Raum und die Anzahl der beschäftigten Personen in Anspruch nehmen. Die Uhrlampe, bei aller vortheilhaften Lichterzeugung, ist für zwei Personen ein Luxusartikel, weil sie für 8 oder 10 Personen Licht giebt und mithin theurer als die Studirlampe ungeachtet ihrer mangelhaften Selbenußung, oder die Talgkerzen, welche sich für den kleineren Lichtbedarf so vorzüglich eignen. Man kann es der Industrie zum Vorwurf machen, daß sie sich so wenig damit beschäftigt hat, die zahlreichen Principien der Lichtverbesserung auch für den kleinen Bedarf brauchbar in Anwendung zu bringen. —

Schließlich zeigt die Tabelle, daß das Gaslicht nicht allein durch Schönheit und Weiße, sondern auch durch seine ungemeine Wohlfeilheit den Preis verdient. Es ist aber natürlich nur dann anwendbar, wenn der Verbrauch hinreicht, um die Kosten einer Anstalt zu decken. Doch hat man neuerdings gelernt, die Beleuchtung so mit anderen Betrieben zu vereinigen, daß sie durch Kostenermäßigung auch einem geringeren Bedarf, z. B. dem eines Fabrikgebäudes zugänglich wird. So hat man Retorten in die Feuerung der Dampfkessel eingesetzt, welche ohne Nachtheil der gehörigen Wartung der Maschine Leuchtgas liefern, welches keine Auslage für Brennstoff verursacht.

Anhang zur ersten Gruppe.

Ruß und
Kienruß.

Jede leuchtende Flamme, wie mehrfach gezeigt wurde, verdankt diese Eigenschaft einem Antheil Kohle, die jeden Augenblick neu ausgeschieden wird, um im nächsten Augenblick zu verbrennen u. s. f.; dieses Verbrennen kann nun sehr leicht durch Abkühlung oder Mangel an Luftzug verhindert werden. In diesem Fall entweichen, neben den wirklichen Verbrennungsproducten, durch bloße Wärmeresorption (trockne Destillation) erzeugte brandige Dämpfe und Gase, nebst dem durch ihre theilweise Verbrennung freigewordenen Kohlenstoff (Ruß) — es entsteht Rauch. So macht starker Luftzug die Lichtflamme rauchen, ein Porzellaneller, eine Metallplatte in dieselbe gehalten, beschlägt sich mit Ruß; beides durch Abkühlung. In allen Feuerungen ist die Verbrennung durch zu große Abkühlung der brennenden Stoffe und mangelhaften Luftzufluß eine unvollkommene. Die inneren Wände der Zugröhren und Heizkanäle überziehen sich mit Ruß von verschiedener Beschaffenheit; mehr nach dem Feuer zu bildet derselbe eine firnißartige glänzende schwarzbraune Decke, den Glanzruß, nämlich aufgetrockneten Theer mit wenig Kohle (3,8% Braconnot), der geschlämmt als Farbe (Bister) und außerdem zum Bewahren des Fleisches gegen Fäulniß dient. In den entlegeneren Theilen erscheint der Ruß mit viel mehr Kohle als ein brauner flockiger Staub, der Flatterruß. Holz liefert nur solche Rußarten, dagegen setzen sauerstoffarme, aber kohlenstoffreiche — also mit sehr leuchtender Flamme brennende Stoffe — wie Harz, Fette, Terpenhindo einen Ruß ab, welcher überwiegend aus abgeschiedener Kohle besteht, die nur mit wenig Theerbestandtheilen verunreinigt ist, und zwar um so weniger, je später, d. h. je weiter vom Feuer er sich abgesetzt hat. Dieses Erzeugniß — der Kienruß — ist dunkler, bis tiefschwarz, und wegen der chemischen Unzerstörbarkeit der Kohle (außer durch Verbrennen) eine der wichtigsten (Deck-) Farben, die darum in einem besondern Betrieb, wie man sagt, geschweelt wird. Schon aus seiner Anwendung im Buch-, Stein-, Kupferdruck, zu Schuhwischen u. ergiebt sich die Größe seines Verbrauchs, aber auch die Nothwendigkeit einer bald sehr großen, bald gewöhnlichen Feine und Reinheit. Braconnot fand in 100 Theilen Kienruß:

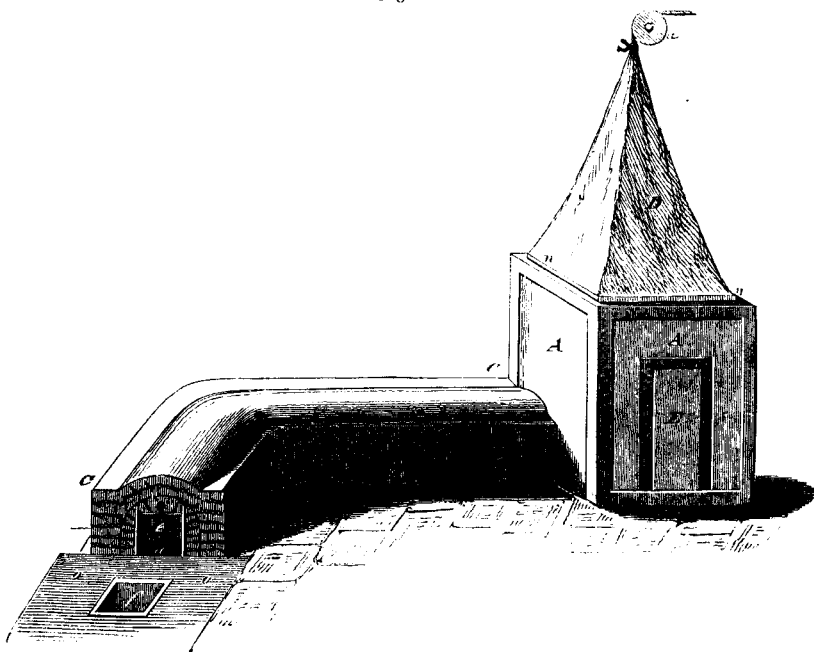
Kohle	79,1
Brandharz } in Alkohol löslich . . .	5,3
} darin unlöslich . . .	1,7
Hummin	0,5
Schwefelsaur. Ammoniak . . .	3,3
" Kalk	0,8
" Kali	0,4
Phosphorsaurer Kalk	0,3
Wasser	8,0
Sand (zufällig)	0,6
Ehlorkalium	Spur.

Ruß und
Kienruß.

Reichenbach fand außerdem Naphthalin. Die feuerbeständigen Salze darin sind ursprünglich Bestandtheile der Asche, die mit übergerissen wurde.

Zu den gewöhnlichen Sorten benutzt man harzige Abfälle aller Art. Dahin gehören: harzreiche Theile von Nadelstockholz, die nach dem Abseihen des Harzes oder Kolophoniums bleibenden, mit Harz überzogenen Tannennadeln, Spähne, Unreinigkeiten zc., endlich mit Harz übertropfte Rinde, Nadeln zc., welche beim Anhauen der Harztannen nebenbei gesammelt werden. Das Schwelen des Kienrußes daraus ist eine Verbrennung mit sehr unterdrücktem Luftzutritt, welcher nur hinreicht, den Wasserstoff nebst einem Antheil Kohle zu verzehren, aber einen andern Theil derselben unverbrannt läßt, welcher sich dann als Kienruß absetzt. Die Einrichtung zum Rußschweelen ist der einfache Ofen Fig. 73. Ein gemauerter

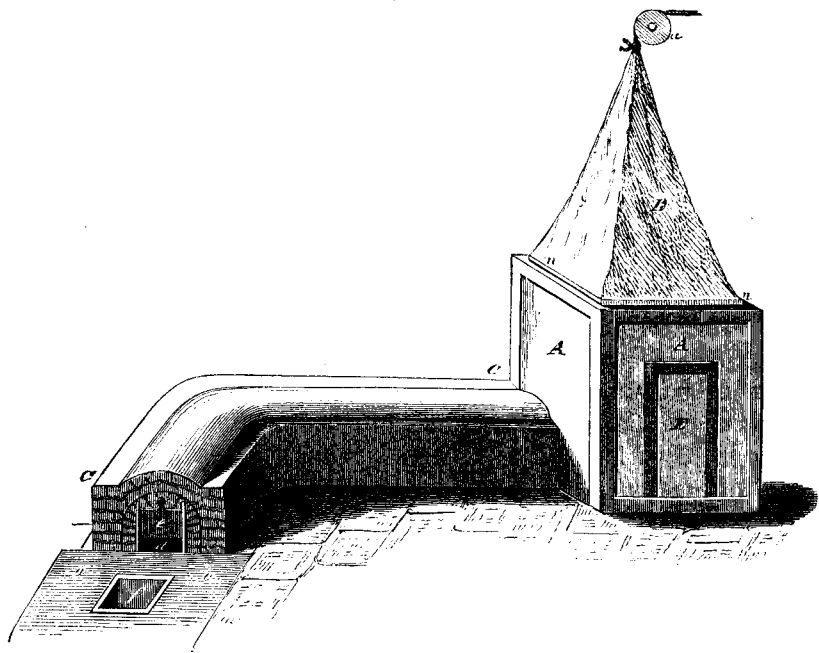
Fig. 73.



Ruß und
Kienruß.

Kanal *C C*, $2\frac{1}{2}$ D. F. im Lichten weit, verbindet die Feuerung *d* mit der Rußkammer *A*; die Länge des Kanals beträgt wenigstens 14 Fuß, und zwar darum so viel, weil man dem schlechteren theerigen Ruß Zeit verschaffen will, sich eher abzusetzen, als der reine. Die Oeffnung des Feuerraums, welche zugleich die vordere des Kanals *C* ist, läßt sich zur bequemen Regelung des Zugs mittelst

Fig. 74.



eines eisernen Schiebers *e* öffnen oder schließen. Die Platte *o* bildet den Rand der Vertiefung *f*, worin der Arbeiter sich aufhält, dient aber auch zu gleicher Zeit als Unterlage für die ausgezogenen Kohlen und den neuen Brennstoff. Beim Beginn der Arbeit nimmt man auf das Ansammeln des Rußes keine Rücksicht, sondern feuert lediglich, um den Rauchkanal vorläufig anzuwärmen. Ohne diese Vorsicht würde ein großer Theil der Waare sich schon in diesem absetzen und daselbst leicht Feuer fangen. Man erhält nämlich zweierlei Rußarten, den braunen, bald flatter-, bald glanzrußartigen, welcher von den Holztheilen abstammt, und den schwarzen wahren Kienruß aus dem Harz. Es ist nun der Zweck der Einrichtung und Arbeit, beide zu trennen, nämlich jenen in dem Kanal *C*, diesen letzteren allein in *A* sich absetzen zu lassen, was nur nach gehöriger Erwärmung von *C* geschehen kann. Sobald diese eingetreten, beschickt man die Feuerung mit einer frischen Last Kienholz (gegen $\frac{1}{3}$ Ctnr.), und leitet das Schweelen durch Senken des Schiebers *e* ein. Der leichte Ruß sammelt sich hinten, theils an den Wänden der Kammer *A*, welche etwa 2—3000 C. F. hat, mehr aber in der Haube *D*. Diese ist eine Art Dach aus lockerem Wollenzeuge, welches an der Spitze durch die Rolle *a*, an der Basis durch den schweren Rahmen *n n* kann

gespannt gehalten und in die Kammer herabgelassen werden. In einem 10stündigen Arbeitstag schweelt man ungefähr 3 Etnr. Kien. — Bei gutem Gange der Arbeit soll die Temperatur in *A* stets etwas niedriger sein, als die des Rauchs; aber mit der Zeit tritt das entgegengesetzte Verhältniß ein und macht es räthlich, nur über den andern Tag zu schweelen, damit der Ofen Zeit gewinnt zu verkühlen. Eine andere Vorsicht wird durch den Kienruß selbst nöthig, der durch sein Ansehen allmählig den Zug hindert; denn, wie man sieht, findet dieser lediglich durch das Gewebe Statt, welches den Ruß von den Gasarten gleichsam abseiht. Der Arbeiter klopft also den Ruß von Zeit zu Zeit durch sanfte Schläge auf die Haube in die Kammer ab. — Der hohe Grad seiner Zertheilung verleihet dem frischen Ruß, besonders wenn er noch warm ist, eine gefährliche Neigung, sich an der Luft zu entzünden. Die Vorsicht erheischt es deshalb, vor dem Entleeren durch die Thür *E* die Kammer jedesmal kalt werden zu lassen.

Das Lockere, Obenausliegende, was aus der Haube abgefallen ist, wird als feinere Waare zu Buchdruckerschwärze von demjenigen getrennt, was an den Wänden von *A* sitzt und den ordinären Ruß giebt. Anstatt in einer einzigen Kammer mit Haube läßt man den Ruß auch wohl sich in mehreren auf einander folgenden Kammern absetzen, wo dann die hinteren die feineren Sorten enthalten. —

In den Steinkohlendistricten geben die Backöfen ein taugliches Material zum Schweelen ab, welche Arbeit man dann entweder besonders betreibt, oder auch nebenbei, indem man die Kohlöfen mit der Vorrichtung zum Rußsammeln verbindet. In England z. B. ist diese von der beschriebenen, in Deutschland üblichen etwas abweichend, insofern die Kammer mit ihrer Haube durch eine Reihe von hohen, etwa 3 Fuß weiten, senkrecht aufgespannten Säcken ersetzt wird. Das Rauchrohr mündet in den vordersten Sack seitwärts von unten, dieser und der zweite sind durch ein Zwischenrohr von oben, der zweite mit dem dritten durch ein solches seitwärts von unten zusammenhängend u. s. f. Von unten geschieht nämlich die Verbindung seitlich, damit die abwärts gerichteten (blechern) Mundstücke der Säcke mit ihren Kapseldeckeln zum jeweiligen Entleeren des Rußes frei bleiben. Der hinterste Sack endlich mündet in eine Esse. Auf diese Art fortirt sich der Ruß viel besser nach seiner Feinheit.

Die Gegenwart der Brandharze im Kienruß — die zum kleineren Theil den sauren, zum bei weitem größeren aber den nichtsauren angehören — ist eine wesentliche Beeinträchtigung seiner Güte und die Ursache, daß derselbe noch mit Flamme brennt und, bei Abschluß der Luft erhitzt, brenzliches Del liefert. Am meisten sind sie bei der Verwendung dadurch schädlich, daß sie dem Kienruß anstatt der rein schwarzen Farbe einen Stich in's Braune und die Eigenschaft ertheilen, gegen Wasser keine Benetzbarkeit zu zeigen. Man ist daher gezwungen, rohen Kienruß zuvor mit Branntwein zu befeuchten, wenn man ihn z. B. mit Wasserfarben anrühren will. — Die Entfernung der Brandharze durch Lösungsmittel ist im Großen nicht ausführbar; sie lösen sich nämlich in Weingeist nur unvollkommen, ebenso in Aetzlauge, und nur mittelst Aether und Terpenthinöl gelang es Braconnot, den ganzen Gehalt derselben (7%) wegzuschaffen. Der eine — der Aether — ist zu kostspielig und das Terpenthinöl müßte noch in

einer zweiten Operation weggeschafft werden. Man zieht es deshalb im Ganzen vor, für diejenigen Fälle, wo sie hindern, z. B. beim Ruß zur lithographischen Dinte u., jene Harze durch Glühen zu zerstören.

Das gewöhnliche Verfahren ist ziemlich roh und besteht in einem Anzünden des Kienrußes bei sehr unterdrücktem Luftzutritt. Man gräbt ein Faß mit Ruß in die Erde, den Deckel der Oberfläche gleich, treibt mittelst einer dicken Stange, die behutsam zurückgezogen werden muß, ein senkrechtes Loch durch die Mitte der Rußmasse hindurch und drückt einen mit Terpenthinöl getränkten Bergbausch hinab, der alsdann angezündet wird. Nachdem man den Deckel aufgelegt hat, verbreitet sich das Feuer glimmend und gemach, bis zuletzt aller Ruß nach seiner ganzen Masse durchgeglüht ist. Die Theerbestandtheile verbrennen hierbei auf Kosten eines Anthells Ruß, etwa $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{5}$, der durch die Luft verzehrt wird. — Besser ist es, den Ruß in eine große Blechkapsel einzudrücken, welche in ein gußeisernes Gefäß (nach Art der Gasretorten) geschoben wird. Dieses letztere ist unbeweglich über einer Feuerung eingemauert und führt die Dämpfe des zersetzten Theers durch ein Ableitungstrohr in den Feuerraum, wo sie als Brennstoff dienen.

Weit feiner und von größerer Reinheit erhält man den Ruß aus fettem Del, Terpenthinöl oder Harzgasöl, wenn diese in Lampen gebrannt werden, nur ist es schwierig, dieses sogenannte Lampenschwarz in großen Quantitäten zu erzeugen. Die Lampe wird unter einen blechernen Hut gestellt, der den Rauch entweder nach Kammern durch ein Seitenrohr führt, oder geschlossen ist und den Ruß an seinen inneren Wänden aufnimmt. Auf dem Wege der Abkühlung, also durch Hineinhalten von Metallplatten in die Flamme, so lange sie nicht zu heiß werden, erhält man die beste Ausbeute. P r e c h t l schlug darum eine Blechwalze vor, die sich in der Flamme dreht und von der Seite an eine Bürste streift, wodurch der Ruß fortwährend abgekehrt und immer neue abgekühlte Stellen der Metallfläche in die Flamme geführt werden.

In der chinesischen Tusche, über deren Bereitung sprachliche Mißverständnisse und ungenaue Berichte manches Fabelhafte verbreitet haben, bildet neben einer Art Thierleim, als Bindemittel, Kienruß von einer unbegreiflichen Feinheit den Hauptbestandtheil, von dem P r e c h t l in Uebereinstimmung mit den besten Nachrichten mehr als wahrscheinlich gemacht hat, daß er aus Kampher, wie Lampenruß, bereitet werde.

Beim Schweelen nach deutscher Art erhält man aus Abfällen vom Pechdurchseihen ungefähr $\frac{1}{8}$ an Kienruß, viel weniger natürlich aus Kienholz, weil die Holztheile mehr zur Theerbildung hinneigen. Wie viel man aus einem gegebenen Material theoretisch erhalten sollte, ist nicht wohl zu bestimmen, weil hier kein bestimmt abgeschlossener Proceß, sondern ein solcher thätig ist, der ganz und gar von der zufälligen Leitung des Luftzugs und zugleich von dem Verhalten des Materials im Feuer abhängt. Immerhin ist es gewiß, daß der Kienruß nur aus demjenigen Antheil Kohle entspringt, welcher bei der Zersetzung im Feuer durch den Wasserstoff mit weggeführt wird. Steinkohlen, bei welchen durchschnittlich 6—8 Neuntel ihres Kohlenstoffs an der Zersetzung gar keinen Antheil nehmen (als Kohle zurückbleiben), und der Wasserstoff nur zwischen 5—6 %

beträgt, geben darum beträchtlich weniger aus, als Oele oder Harze und Kampher, welche keine Kohle hinterlassen und 2—3mal mehr Wasserstoff enthalten. In allen diesen Fällen wird ein Theil Kohlenstoff durch den vorhandenen Sauerstoff der Kienrußbildung entzogen, nicht so bei dem Terpenthinöl z. B., welches bei gänzlicher Abwesenheit des Sauerstoffs fast 18% mehr Kohle enthält, als sein Wasserstoff bedarf, um zu ölbildendem Gas zu werden.

Ruß und Kienruß.

Die Wilden, so weit sie nicht von den civilisirten Völkern mit Feuerwaffen versehen wurden, pflegen sich durch heftiges Aneinanderreiben trockner Hölzer, hartes gegen weiches, Feuer zu verschaffen. Nachdem aber bei uns Stein, Stahl und Schwamm in Einfachheit und Sicherheit Jahrhunderte lang unersetzlich erschienen, hat sich die neuere Industrie, den Fortschritten der Wissenschaft folgend, mit überraschendem Erfolge einiger der Chemie angehörigen Beobachtungen und Entdeckungen bemächtigt. Einige der daraus hervorgegangenen Erfindungen verdienen ihrer raschen und umfassenden Verbreitung wegen gründlichere Erwähnung.

Feuerzeuge.

Die Vorrichtungen, in welchen man Schwefelhölzchen durch Eintauchen in Phosphor entzündete (Phosphor-Feuerzeuge), wurden zuerst durch die sogenannten »Chemischen Feuerzeuge«, nämlich Schwefelhölzer mit einem Saß aus chlorsaurem Kali, verdrängt. Dieses Salz ($\text{KO}, \text{Cl}_2 \text{O}_5$) besitzt nämlich die Eigenschaft, in der Kälte mit concentrirter Schwefelsäure in Berührung gebracht, unter Explosion und Feuererscheinung in doppeltchwefelsaures Kali, überchlorsaures Kali und chlorige Säure zerlegt zu werden, wobei durch die letzteren (welche in Chlor und Sauerstoff das eine, in Chlorkalium und Sauerstoff das andere, zerfallen) — entzündliche Stoffe aller Art, wie Schwefel, Schwefelmetalle, Harze, Gummi etc. mit verbrannt werden, wenn sie sich gerade im Bereich der Wirkung befinden. Die Schwefelenden der Zündhölzer werden mit einem Saß aus chlorsaurem Kali, Schwefelblüthe, Kolophonium, Gummi und Zinnober (als Farbe) versehen. Beim Eintauchen in ein Fläschchen mit Aebest, welcher zuvor mit Schwefelsäure befeuchtet ist, entzündet sich jener rasch. — Auch diese Feuerzeuge mußten den einfacheren Streich- oder Reibzündhölzern weichen, welche ohne Säure oder dergleichen, durch bloße Reibung sich entzünden, einer Erfindung, deren Geschichte, bei aller Neuheit, eben durch ihre Einfachheit und rasche Nachahmung allervvegen, wie in vielen ähnlichen Fällen, bereits verwischt ist.

Diese Zündhölzchen sind, wie die vorigen, mit einem besondern Zündsaß versehene Schwefelhölzchen. Das vorläufige Schwefeln kann darum nicht entbehrt werden, weil die bloße Zündmasse viel schneller abbrennt, als sie thun müßte, um das Holz in Brand zu bringen. Das Feuer der Masse wird daher zuerst auf den Schwefel und von da auf das Holz übertragen. — Ursprünglich enthielt die Mischung als wesentlichen Gemengtheil ebenfalls chlorsaures Kali, und ihre Entzündung beruhte auf dessen Eigenschaft, den Schwefel, Phosphor etc., wenn es damit gemengt wird, unter einer Explosion zu verbrennen, die schon durch bloßen Stoß oder Reibung herbeigeführt wird. Man mischte z. B. Phosphor mit 40° warmem Gummischleim zu einer Emulsion, welcher man dann das Salz zusetzte. Statt des Phosphors diente auch wohl Schwefelantimon. — Die Ingredienzien trocken zu mischen ist jederzeit gefährlich. Der lästige Knall bei jeder Entzündung, sowie ein gewisser Grad von Feuergefährlichkeit machte es

Streichfeuerzeug.

Streichfeuer-
zeug.

wünschenswerth, die Wirkung der Mischung von der Verpuffung zum langsamen Entflammen herabzustimmen, wie es denn bei den »geräuschlosen Streichzündhölzchen« auch gelungen ist. Alle durch Reiben ohne Knall sich entzündenden Säße enthalten kein chlorsaures Kali mehr, sondern statt dessen Salpeter und Phosphor, wo denn der letztere durch den Sauerstoff des ersteren verbrennt. — Ueberhaupt beruht die Wirkung darauf, daß neben einem großen Vorrath Sauerstoff in einem kleinen Raum (in dem Salpeter) Stoffe (Phosphor) sich befinden, welche hohe Verwandtschaft zu demselben besitzen, so daß schon ein geringer Anlaß hinreicht, die Verbindung beider in's Leben zu rufen. Zu dem Salpeter fügt man dann auch häufig die sauerstoffreichen Ueberoxyde des Mangans und Blei's, welche ähnlich wirken, wenn sie einmal glühend geworden.

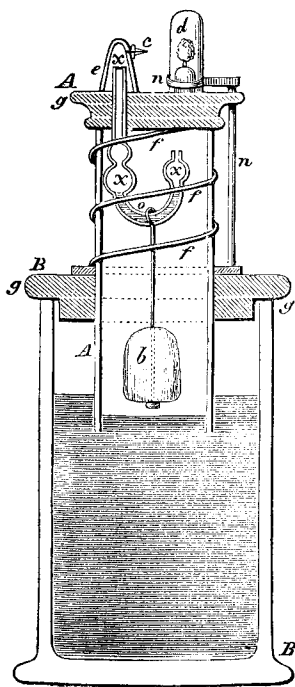
Weil die Dicke des Hölzchens und die Menge des daran befindlichen Säßes immer im Verhältniß stehen müssen, weil dieser kostspielig ist und mit üblem Geruch verbrennt, so hat man Grund genug, das Schneiden der Hölzer mit Hülfe von Maschinen oder besonderen Hobeln zu betreiben, welche dieselben dünn, hinreichend stark, vollkommen gleichförmig und von elegantem Ansehen liefern. Feuchtes Aspen- (Pappel-) Holz ist dazu am meisten geeignet. Die fertigen runden oder kantigen Hölzchen werden bündelweise in geschmolzenen Schwefel getaucht und alsdann mit der Zündmasse versehen. Nach Böttger geben z. B. 16 Theile arabischer Gummi, 9 Theile Phosphor, 14 Theile Salpeter und 16 Theile geschlämmter Braunstein einen guten Saß, welcher, um Gefahr zu vermeiden, mit Wasser angemacht werden muß. Er bildet alsdann einen dicken Schleim, in welchen man die Hölzchen einzeln eintaucht, um sie dann zu trocknen. — Zuweilen setzt man Schmalte und ähnliche Dinge zu, um bestimmte Farben hervorzubringen oder die Wirkung des Reibens zu vermehren. Durch geschicktes Probiren ist man nun nach und nach dahin gekommen, die Entzündlichkeit der Masse so zu vermindern, daß sie eben nur durch starkes Reiben auf rauhen Flächen, aber nicht so leicht durch Druck oder Stoß, am wenigsten in verschlossenen Büchsen, sich entzündt, also bei weitem weniger feuergefährlich ist, als man meist glauben möchte. Eine große Unannehmlichkeit liegt in dem langsamen Abbrennen des Schwefels, unter Ausstoßen von schwefliger Säure, weil diese beim Athmen beschwerlich fällt. Man hat darum Hölzchen in den Handel gebracht, welche anstatt vorher in Schwefel, vielmehr in geschmolzenes Stearin getaucht sind; doch versagen diese leichter.

Die Platin-
Zündma-
schine.

Für solche Feuerzeuge, welche nicht gerade in der Tasche nachgetragen werden sollen, also mehr zum Hausgebrauch bestimmt sind, gewährt das von Döbereiner entdeckte Verhalten des Platinschwamms gegen Wasserstoffgas ein treffliches, aber nicht gerade sehr wohlfeiles Zündmittel. Um Platinschwamm anzufertigen, fällt man eine Platinklösung (in Königswasser), also Chlorplatin mit Salmiak, und rührt den entstandenen Platinsalmiak (Chlorplatin-Chlorammonium) mit etwas freiem Ammoniak zu einem dicken Brei an, wovon man einen Tropfen an das vordere Ende eines dünnen Platindrahtes bringt, welcher zu dem Ende mit einer Schleife versehen sein muß. Durch Trocknen und darauf folgendes (Weiß-) Glühen in der Spirituslampe tritt eine vollständige Zersetzung des Doppelsalzes ein, wobei das Platin metallisch, als poröse, gesinterte

Masse, Schwamm, zurückbleibt. Aehnlich wie einige andere Metalle, aber in höherem Grade, hat das Platin, vermöge einer ganz eigenthümlichen noch unerklärten Wirkungsweise seiner Oberfläche, die Eigenschaft, die Verbindung des Wasser- und Sauerstoffs zu Wasser bei Temperaturen zu bewerkstelligen, bei denen sie von selbst nicht eintritt. Mit der Größe der Oberfläche sich vermehrend, ist diese Wirkung bei zusammengewickelterm feinen Draht stärker als bei Blech, bei Schwamm endlich in Folge seiner Porosität — also sehr großen Oberfläche in kleinem Volum — am stärksten *). Ein Strom mit Luft oder gar mit Sauerstoff gemengten Wasserstoffgases, mit dem Platinschwamm in Berührung, fängt daselbst an zu Wasser zu verbrennen, bringt ihn dadurch sogleich zum Weißglühen und entzündet alsdann an dem glühenden Metall. Dies ist eben der Act, durch welchen man in dem »Döbereiner'schen Platinf Feuerzeug«, Fig. 75, auch schlechtthin »Zündmaschine« genannt, Feuer erhält.

Fig. 75.



Unter einer messingenen, an dem Drahte *n* befestigten Blechkappe *d* ist der Platinschwamm gerade der Mündung *c* gegenüber angebracht, aus welcher beim Gebrauch der Wasserstoffstrom tritt. Dieser letztere wird in dem unteren Gefäße *B B* aus einem Zinkblock *b* und (mit 6 Theilen Wasser) verdünnter Schwefelsäure erzeugt und in dem oberen beweglichen Gefäße *A A* vorrätzig gehalten. So oft man von diesem Vorrathe verbraucht, erzeugt sich gleichzeitig ein neuer Antheil, indem das Zink nur während des Anzündens mit der Säure in Berührung kommt, aber sonst, wie in der Abbildung, über der Oberfläche schwebt. Zu dem Ende ist *A A* in dem Deckel *g* wie ein Pumpenkolben verschiebbar und wird im Zustande der Ruhe von der Feder *fff* emporgehalten, in diesem Zustande ist zugleich der einzige Ausweg für das vorrätzige Gas, nämlich das Glasröhrchen *x x x*, durch einige Tropfen verdünnter Schwefelsäure *o* gesperrt. Drückt man dagegen *A A* mit der Hand nieder, so erfährt das Gas darin einen Druck,

*) Angenommen, die Poren einer würfelförmigen 1 Linie Platinschwamm seien $\frac{1}{100}$ Linie weit — was bei weitem zu viel ist — und ebenfalls würfelförmig, so werden (abgesehen von der Wanddicke) 1 Million Zellen in dem ganzen Würfel sein, welche je $\frac{6}{10000}$, also zusammen $\frac{6000000}{10000} = 600$ D. Linien, d. h. 100mal mehr Oberfläche als der solide Würfel haben, wonach man sich leicht eine Vorstellung von der Vermehrung der Oberfläche durch Porosität machen kann.

Die (Platin-) Zündmaschine. welcher hinreicht, diese Sperrflüssigkeit *o* in die angeblasenen Kugeln zurückzubringen und ihm einen Ausweg zuerst in die Kappe *e*, welche fest auf dem Deckel von *A* aufsitzt, und von da nach *c* zu bahnen, wo es den Platinschwamm zum Glühen bringt, um sich sofort daran zu entzünden. Durch das Freiwerden des Gases steigt aber zugleich die Säure innerhalb *A*, wo sie mit dem Zink zusammenrifft, um durch neue Gasentwicklung das verbrauchte zu ersetzen. Ein Spiel, welches so lange ohne Unterbrechung dauert, als Zink und Säure zureichen, worauf diese erneuert werden müssen. Neben der abgebildeten neueren, zuerst von Eisenlohr vorgeschlagenen Einrichtung hat man die gewöhnlichere, aber kostspielige, wobei *A A* ganz und unbeweglich in *g* eintaucht und oben einen Messinghahn trägt, welcher mit einer an einem Arm befindlichen Kappe den Schwamm gegen Staub, wie in der Fig. 75, bedeckt hält. Darin liegt nämlich ein Vortheil; denn der Staub, welcher auf dem Schwamme mit Hinterlassung einer verunreinigenden Schichte verbrennt, ist neben dem schwefelsauren Zink, wie es mit dem Gas in Gestalt von höchst fein zertheilten Tröpfchen ausgeblasen wird, ein Hauptfeind der Zündkraft. Um diese so große Beeinträchtigung durch geringfügige Mengen fremder Stoffe begreifen zu können, muß man sich erinnern, daß die Eigenschaft eines Platinblechs bei elektrischen Versuchen schon durch bloßes Abwischen mit der reinsten Leinwand kann vernichtet werden. Nach Mohr können verdorbene Schwämmchen in ihrer Zündkraft durch Behandlung mit warmer concentrirter Schwefelsäure und Waschen mit destillirtem Wasser wieder hergestellt werden. Rascher und leichter gelingt dies, wenn man den Schwamm erst mit Platinchlorid, dann mit Salmiaklösung tränkt und ausglüht, wodurch eine völlig neue Oberfläche entsteht. —

Zweite Gruppe.

Auf Gewinnung und Benützung der Alkalien und Erden sich gründende Zweige der Technik.

Die stärkeren Salzbasen — also die im Hydratzustande leicht löslichen (Alkalien), oder schwer löslichen (Erden) Dryde der leichten Metalle — sind mit einer mächtigen chemischen Wirkung begabt, deren Thätigkeit ebenso leicht auf Zersetzung und Umgestaltung, als auf einfache innige Bindung anderer Stoffe (zu Salzen) gerichtet werden kann.

Diejenigen der fraglichen Salzbasen, welche sich häufig genug vorfinden, oder hinreichend wohlfeil fabrikmäßig erzeugt werden können, bilden darum die Grundlage einer Reihe gewerblicher Betriebe, bei welcher es vorzugsweise auf jene eingreifende Wirkung ankommt.

I) Von den Alkalien.

Unter den verschiedenen Salzbasen dieser Classe finden das Natron und Kali, im praktischen Leben und Handel als Soda (kohlens. Natron) und Potasche (kohlens. Kali) gangbar, allein im Gewerbetwesen Anwendung und sind darum von hervorragender Wichtigkeit. Neben den interessantesten und nächsten Benutzungen sind aber gewisse andere Betriebe, wie die Schwefelsäurefabrikation u. a., welche nicht gerade die Darstellung oder Verarbeitung von Kali oder Natron unmittelbar zum Gegenstand haben, nichts desto weniger diesem Gebiete so innig einverleibt, daß ihre Beschreibung nicht füglich davon getrennt werden kann, ohne die Anschaulichkeit des Gesamtbildes zu beeinträchtigen.

Der Schwefel.

In den vulkanischen Gegenden, wie die von Neapel und Toskana in Italien ^{gediegener Schwefel.} und die zwischen Cattolica und Girgenti an der Südküste von Sicilien, finden sich große Massen von gediegenem Schwefel in Kalk und Thonmergel abgelagert. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß dieser Schwefel ursprünglich aus dem Schwefelwasserstoffgas her stammt, welches mit schwefeliger Säure, Wasserdampf,

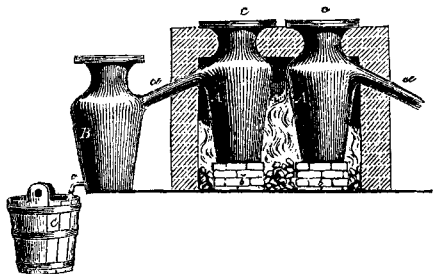
^{bediegender} ^{Schwefel} Luft, nebst staubförmig abgeschiedenem Schwefel gemengt, jenem Boden allenthalben in Gasströmen entquillt, die dort Fumarolen genannt werden. Die glühenden Laven, welche zu gleicher Zeit mit dem aus dem Innern aufsteigenden Strome von Schwefelwasserstoff und zugleich mit der atmosphärischen Luft in Berührung stehen, leiten nämlich eine theilweise Verbrennung des ersteren zu schwefliger Säure und Wasser ein. Die gebildete schweflige Säure zerfällt sich aber mit dem unverändert gebliebenen Antheil Schwefelwasserstoff zu Wasser und Schwefel, der theils von dem Gasstrome mit fortgenommen wird, theils aber auch in die Spalten und Risse des Gebirges sublimirt.

Jene Gegenden liefern bei weitem den größten Theil alles Schwefels; Sicilien allein gegen 1540000 Etr. jährlich; weniger Neapel und die toskanischen Solfataren, nämlich letztere nur 20 — 30000 Etr.

seine Reinigung

Man pflegt den natürlichen Schwefel an Ort und Stelle durch Destillation von den fremden erdigen Bestandtheilen zu trennen, welche allerwenigstens die

Fig. 76.



Hälfte seines Gewichts betragen. Es dient dazu ein Ofen, Fig. 76, welcher weit genug ist, zwei Reihen von irdenen Töpfen *AA* — die Destillationsgefäße — aufzunehmen, die alsdann paarweise nebeneinander und zwar etwas über die Sohle des Ofens, auf den Untersatz *b* zu stehen kommen, so daß die Hälse der Töpfe bequem in die Decke des Ofens einge- lassen werden können. Dadurch blei- ben die Mündungen zum Einsetzen

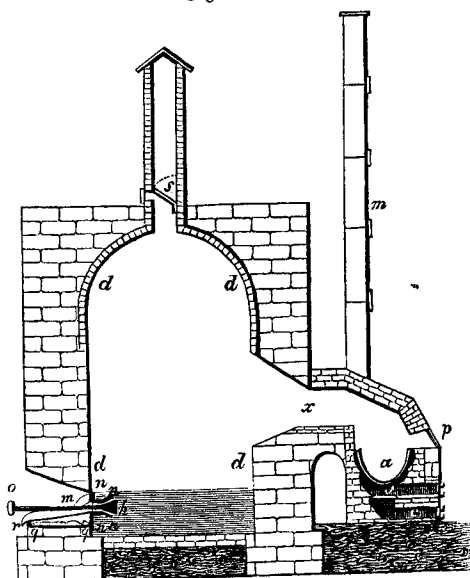
frei und werden nach geschehener Beschickung von außen durch die aufgekitteten Deckel *c* geschlossen, worauf die Destillation beginnt. Die Schwefeldämpfe streichen durch die seitlichen Röhren *a* nach den Vorlagen *B*, worin sie sich zu flüssigem Schwefel verdichten, welcher durch *o* in ein mit Wasser angefülltes Gefäß *C* tropft, um daselbst vollends zu erstarren.

und Raffina-
tion.

Auf diese Art geschieht die Reinigung so unvollkommen, daß das Product — der Rohschwefel — stets noch einige Procente erdige Theile enthält, welche für viele Zwecke eine zweite Reinigung durch Destillation in den Seehäfen erforderlich machen. — Die vortheilhafteste Einrichtung, 1815 von einem Fabrikanten Michel in Marseille erfunden und daselbst allgemein im Gebrauch, Fig. 77, gewährt den eigenthümlichen Vortheil, daß man damit ohne Unterbrechung nach einander Schwefelblüthen (pulverförmigen Schwefel) und Stangen- schwefel erzeugen kann. —

Der eiserne Kessel *a*, geräumig genug, um eine Beschickung von 10 — 12 Etr. Schwefel zu fassen, ist in einem Ofen eingemauert, dessen innerer Raum, im Uebrigen abgeschlossen, nur durch den überwölbten und geschleiften Kanal *x* mit der Kammer *ddd* in Verbindung steht, welche gegen 6 oder 7000 C. F. Inhalt hat. Kessel und Kammer bilden also zusammen eine Retorte mit Vorlage in sehr großem Maßstabe. — Die Kesselfeuerung *f* empfängt den Zug durch

Fig. 77.



den Aschenfall *c* mittelst der ^{Gediegener} Esse *m*. Bei *p* ist eine Klappe ^{Schwefel, seine Refina-} zum Beschicken und Entleeren des Kessels.

Die Kammer selbst ist mit einer besondern Abzugseffe versehen, in welcher eine von innen nach außen gehende Klappe *s* angebracht ist.

Bald nach dem Einheizen, wenn der Schwefel flüssig und ungefähr 150° heiß geworden, fängt er an sich zu entflammen*); aber das Feuer erstickt von selbst, sobald der Luft-Sauerstoff der Kammer in schweflige Säure verwandelt ist. Wenn endlich die Temperatur im Kessel über 316° gestiegen ist, so beginnt die Masse zu siedend und Dämpfe

auszustoßen, welche durch *x* in die Kammer treten, um sich an den kalten Wänden derselben zu verdichten. So lange aber deren Temperatur niedriger ist als der Schmelzpunkt des Schwefels (108°), kann nur eine Verdichtung zu festem Schwefel erfolgen, wie es in der That der Fall ist. Der Schwefel bildet daher kleine, mikroskopische Krystalle, welche als gelber Staub (Schwefelblüthe) zu Boden fallen. Durch das fortwährende Verdichten des Schwefeldampfes müssen aber die Wände der Kammer nothwendig Wärme aufnehmen und sich allmählig erhitzen, bis ihre Temperatur endlich 108° übersteigt. Von diesem Zeitpunkt, vom dritten Tage, an kann nur noch flüssiger Schwefel in der Kammer sein. Will man daher mit Erzeugung von Schwefelblüthe fortfahren, so muß man die Arbeit während der Nacht unterbrechen, damit die Kammer Zeit gewinnt, zu verkühlen. Wo nicht, so räumt man die Schwefelblüthen durch eine besonders dazu vorhandene Thür aus der Kammer und fährt fort, durch Heizen des Kessels Schwefel überzutreiben, der sich nunmehr — wie in der Abbildung — als tropfbarflüssiger Schwefel auf dem Boden sammelt. Diese zweite Epoche hat ebenso ihre Grenze wie die erste; denn von dem Augenblick an, wo die Wände der Kammer gegen 316° heiß werden, am siebenten Tage nämlich, nimmt die Verdichtung so sehr ab, daß man genöthigt ist, eine Unterbrechung eintreten zu lassen.

Durch eine wenige Zoll über dem Boden der Kammer befindliche Oeffnung *n n* kann man den Schwefel ablassen. Man hat zu dem Ende nur nöthig, den Stöpsel *h* — der durch den Druck der Feder *m* in jeder beliebigen Stellung gehalten wird — an seinem Griff *o* einwärts zu stoßen. Der Schwe-

*) Nicht selten finden dabei starke Explosionen statt.

fel fließt durch die Rinne *r*, welche von *q* aus durch Kohlen heiß gehalten wird, nach den hölzernen, etwas kegelförmig gebohrten Formen Fig. 78. Die erstarrten Schwefelstangen lassen sich leicht durch den Stempel *n* aus der Form nehmen.

Aus Riesen.

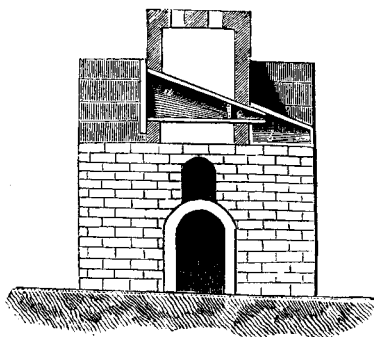
Fig. 78.



Die Darstellung des Schwefels aus Doppelschwefeleisen (FeS_2), einem in zweierlei Form, als Schwefel- und Wasserfies, in allen Gebirgsarten verbreiteten Mineral, gründet sich auf dessen Eigenschaft, in der Glühhitze in freien Schwefel und eine dem Magnetkies entsprechende Verbindung zu zerfallen, indem $7\text{FeS}_2 = 6\text{FeS} + \text{FeS}_2 + 6\text{S}$ wird. Das Mineral giebt also in dieser Weise 23 %, oder $\frac{3}{7}$ seines Schwefelgehaltes ab.

In Schlesien, Böhmen, Sachsen u. nimmt man die Zersetzung des Schwefelkieses meistens in kegelförmigen thönernen Röhren *a* vor, welche in einer Art Galeerenofen (Fig. 79 Seitenansicht) zu 12 — 24 gereiht liegen. Beide, die weite und enge Mündung

Fig. 79.



sehen aus den Seitenmauern hervor, die erstere zum Zweck des Verschickens mit zerschlagenem Kies, etwa 70—100 Pfd. auf einmal; die andere, um in eine eiserne mit Wasser gefüllte Vorlage *b* zu münden; damit das Erz (bei der geneigten Lage der Röhre *c*) nicht in diese herausfallen möge, hat man vorher die engere Mündung mit einer durchbrochene Thonplatte *c* gesperrt. In der Praxis erhält man nicht viel über $\frac{1}{4}$ von dem Schwefelgehalt des Kiesel; denn bis zur Austreibung alles disponiblen Schwefels erhitzt, würde der Rückstand schmelzen und

die Röhren jedesmal zerschlagen werden müssen, um ihn zur weiteren Verarbeitung ausziehen. Diese besteht darin, daß man ihn röstet, wodurch in Folge von Sauerstoffaufnahme Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenorydul) gebildet wird.

Der gewonnene rohe, sogenannte Troppschwefel erfordert wegen seiner Unreinheit, besonders wegen seines Arsenikgehaltes (aus dem Arsenikkies = Schwefelarsenik + Schwefeleisen, welcher beinahe immer mit dem Schwefelkies vorkommt) eine zweite Destillation, welche aus gußeisernen Retorten in den „Läuteröfen“ vorgenommen wird. Zuweilen röstet man, anstatt sich der abgebildeten Ofen zu bedienen, die Kiese in einer Art Stadel oder Meiler, nämlich einem oben offenen Mauer-Geviert über einer Schicht Holz. Durch Bedeckung des Haufens mit Erde nöthigt man die Schwefeldämpfe, durch ein seitwärts angebrachtes Rohr in die Verdichtungskammer zu streichen. — Auch legt man bei offenen Rösthäusern der Art in den oberen kälteren Theilen Vertiefungen an, worin sich ein Theil des ausgetriebenen Schwefels ansammelt.

Der gereinigte Schwefel enthält noch etwas Selen, Arsenik und erdharzige Theile.

Hier und da benutzt man den Kupferkies (Schwefelkupfer) auf ähnliche Weise; immer ist aber der aus den Riesen gewonnene Schwefel nur der kleinere Theil des in Handel kommenden, der in ungleich größerer Menge aus Sicilien gebracht wird.

Vitriolöl (Schwefelsäure).

Die technische Gewinnung der Schwefelsäure ist entweder eine wirkliche Bildung derselben aus Schwefel (englisches Vitriolöl), oder eine Abscheidung schon gebildeter Säure aus dem Eisenvitriol (sächsisches, rauchendes oder Nordhäuser Vitriolöl).

Der Schwefel muß, um sich in Schwefelsäure zu verwandeln, 1,49 Th. Sauerstoff = 3 Aeq. aufnehmen. Bei seiner Verbrennung in der Luft, welche ohne Schwierigkeit und schon bei weniger als 300° erfolgt, werden nur 2 Aeq. = 0,99 G. Th. Sauerstoff gebunden; es muß also der entstandenen Verbindung, der schwefligen Säure (SO_2), noch ein weiteres Aeq. = 0,497 G. Th. dieses Elementes hinzugefügt werden, wenn sie in Schwefelsäure übergehen soll. Die schweflige Säure hat nun zwar die Eigenschaft, in feuchter Luft allmählig, durch Vermittlung von Platinschwamm — der dann ganz ähnlich wirkt, wie in der Zündmaschine — sogar rasch den fehlenden Sauerstoff aufzunehmen; indessen konnte die Ausübung im Großen von diesem Verhalten, wegen der Langsamkeit des Vorgangs im ersten und der Kostspieligkeit des Platins im andern Fall, bis jetzt keinen Gebrauch machen. Sie hat dafür einen Körper aufgesucht, welcher bei hinreichender Wohlfeilheit geeignet ist, die Uebertragung des fehlenden Sauerstoffs aus der Luft mit Schnelligkeit und im Großen zu bewerkstelligen, Eigenschaften, die sie in dem Stickstofforyd (N_2O_2) vereinigt fand. Mit Luft in Berührung gebracht, verwandelt sich dieses Gas unter Aufnahme von 2 Aeq. Sauerstoff in einen rothen Dampf, in Untersalpetersäure (N_2O_2), welche letztere (bei Gegenwart von Feuchtigkeit und Schwefelsäure) die aus der Luft aufgenommene Hälfte ihres Sauerstoffs vollständig an schweflige Säure abgibt, so daß aus 1 Aeq. Untersalpetersäure und 2 Aeq. schwefliger Säure durch diesen Umtausch 2 Aeq. Schwefelsäure gebildet und das ursprüngliche 1 Aeq. Stickstofforyd wieder erzeugt wird. Denn N_2O_4 , oder $\text{N}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$ und $2\text{S O}_2 = 2\text{S O}_3$ und N_2O_2 . Dieses letztere spielt also nur eine Hülfsrolle und wird nach Vollendung des Processes wieder vollständig erhalten. Man könnte es darum ein zweites, drittes u. Mal benutzen, also am Ende mit einer gegebenen Menge Stickstofforyd eine unbegrenzte Menge schwefliger Säure zu Schwefelsäure oxydiren, wenn man nicht (in der Praxis) gezwungen wäre, anstatt reinen Sauerstoffs Luft anzuwenden, welche 75½ % dem G. und 79 % dem V. nach Stickstoff enthält.

So oft man also 100 Pfd. Schwefel verbrennt und die entstandenen 299 Pfd. schweflige Säure sich zu Schwefelsäure oxydirt haben, werden 49,7 Pfd. Sauerstoff gebunden und 648 Pfd. = 4074 C. F. (bei 0°) Stickstoff abgeschieden, welche aus den Räumen der Säurebildung, um einem frischen Gasgemenge Platz zu machen, nicht anders als mit dem eingemengten Stickstofforyd zugleich entfernt werden können, weil eine Trennung beider unausführbar ist. Der Fabrikant ist demnach genöthigt, um sich des für den Proceß unnützen und hinderlichen Stickstoffs zu entledigen, fortwährend das werthvolle Stickstofforyd aufzuopfern, und mithin auch in demselben Maße wieder zu erzeugen; hierzu liegt also nur eine äußere Nothwendigkeit vorliegt.

Die Ausübung der Schwefelsäurebildung im Großen ist älter, als die

Englische
Schwefel-
säure.
Theoret. Gang.

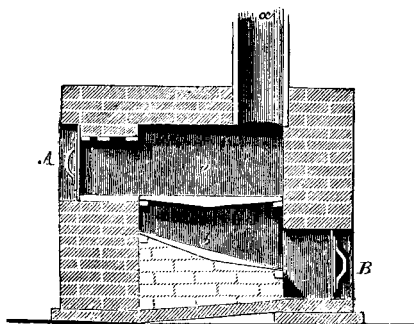
Betrieb der
Schwefelsäure-
bildung.

theoretische Erklärung des Vorgangs. Schon vor dem Schluß des 17ten Jahrhunderts im Allgemeinen bekannt, datirt doch der fabrikmäßige Betrieb erst von der Erfindung der Schwefelsäure-Kammern, von denen die erste 1774 von Roebuck in Birmingham aufgestellt wurde. Zur Speisung derselben ist neben Luft und Wasser (= Dampf) also schweflige Säure und Stickoxyd erforderlich.

Die schweflige Säure hatte man fast immer direct durch Verbrennen von Schwefel in besonderen Oefen dargestellt und dazu sicilianischen Rohschwefel ohne weitere Reinigung benutzt, bis die im Jahr 1841 zwischen der englischen Regierung und Neapel aufgeworfene Schwefelstrage, ihrer friedlichen Schlichtung durch Frankreichs Vermittlung ungeachtet, den Preis des natürlichen Schwefels auf eine Höhe trieb, welche den Fabrikanten zwang, schlechterdings auf neue Quellen zu denken. Solche eröffnete die englische Industrie durch Ausbeutung der ungeheuren Vorräthe von Schwefelkies, welche sich in Irland und den Kohlendistricten vorfinden.

Man röstet dieselben häufig in 7 Fuß hohen Schachtöfen ohne Brennmaterial, weil die Kiese, selber brennbar, immer so viel Wärme entbinden, als die Zersetzung und Entzündung des nachfolgenden Theils erfordert. Während man oben frisches Material aufgiebt, zieht man unten die ausgebrannten Steine ab, so daß die Röstung gar keine Unterbrechung erleidet. Von Zeit zu Zeit befördert man das Nachsinken durch Stören an seitwärts angebrachten Thüren. Die Kiese verbrennen hierbei zu schwefliger Säure und hinterlassen basisch schwefelsaures Eisenoryd ($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{SO}_3$) gemengt mit der Gangart u., so daß der Rückstand im Mittel 3% Schwefelsäure enthält. Aus reineren Kiesen kann derselbe zu schwefelsaurem Natron (in den Sodafabriken) oder zu rauchender Schwefelsäure benutzt werden *).

Fig. 80.



Auch liegende Röstöfen wendet man an, wie der in Fig. 80. *A* ist die Thüre zum Eintragen, *a* der Hauptrost, was hier unverbrannt durchfällt, sammelt sich auf dem Nebenrost *b*, um nachher aus *B* entfernt zu werden. Der Luftzutritt wird durch *B* und *A* geregelt, während die gebildete schweflige Säure durch das Rohr *x* in die Kammer entweicht. Seit der Wiedereinfuhr des sicilianischen Schwefels hat übrigens die Benutzung der Kiese bedeutend an Interesse verloren.

Außerdem hat man angefangen, den Rückstand nach dem Auslaugen der rohen Soda (f. u.), welcher unter Anderem Schwefelcalcium enthält, durch Kohlen- und Salzsäure zu zerlegen, um das Schwefelwasserstoffgas in Gasometern zu sammeln. Von da aus kann es bequem nach den Kammern geleitet werden, wo man es anzündet und zu Wasser und schwefliger Säure verbrennt.

Zur Erzeugung des Stickstoffoxyds verbrennt man nach älterer Art ein

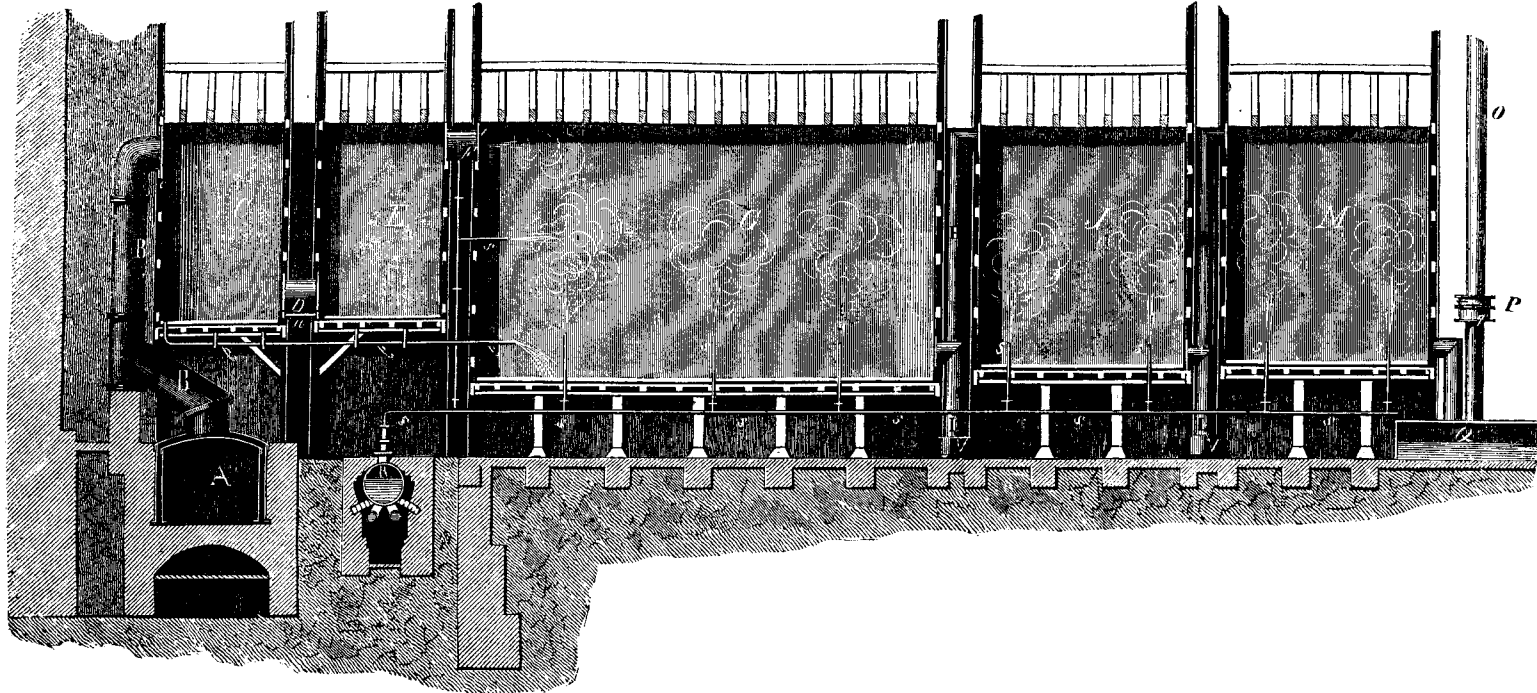
*) Am vollständigsten werden die Kiese beim Hinüberleiten von Wasserdampf in der Glühhitze zersetzt, nämlich in Eisenoryd und Schwefelwasserstoff, ein Verhalten, wovon man in England bereits Gebrauch gemacht hat. —

Gemenge von 8 Th. Schwefel mit 1 Th. Salpeter, wobei sich neben schwefliger Säure Stickstofforyd bildet und schwefelsaures Kali zurückbleibt. Die erstere rührt vom überschüssigen Schwefel her, da $\text{KO}, \text{N}_2 \text{O}_3 + \text{S}$ wahrscheinlich $\text{KO}, \text{SO}_3 + \text{N}_2 \text{O}_2$ giebt. Statt dessen hat man (in Frankreich) versucht, die Dämpfe zu verwenden, welche sich beim Erhitzen von Syrup mit Salpetersäure entwickeln, nämlich Stickorydgas und Untersalpetersäure. Man erhält dabei als Nebenproduct Keesäure, welche sich aber nicht, wie man anfangs glaubte, hinreichend bezahlt macht, um die Methode zu lohnen. Deshalb fand man es allgemein entsprechender, geradezu Salpetersäure anzuwenden, indem durch die Hitze des Schwefelofens (Chili- oder auch gewöhnlicher) Salpeter, d. h. salpetersaures Kali (oder Natron) mit Schwefelsäure zerlegt wird, und der entwickelte Salpetersäuredampf in die Kammern streicht. Es bildet nämlich die Salpetersäure mit der schwefligen Säure Stickorydgas und Schwefelsäure, denn $\text{N}_2 \text{O}_3 + 3 \text{S O}_2 = \text{N}_2 \text{O} + 3 \text{S O}_3$. Wenn in den Kammern flüssige Salpetersäure in Schalen aufgestellt und der schwefligen Säure preisgegeben wird, so ist der Erfolg der nämliche. Für dieses Verfahren ist in der That der Schwefelsäureapparat Fig. 81 berechnet. Derselbe liefert in 24 Stunden durchschnittlich 150 Ctr., eine Production, die auf 200 Ctr. gesteigert werden kann. Die Bildung dieser Säuremasse findet in 5 großen Gefäßen oder »Kammern« *) aus starkem Walzblei C, E, G, I und M Statt, von denen die erste bei 13' Breite, 20,8' Höhe und 24' Länge 6490 C. F., die zweite bei gleicher Länge und Breite und 20' Höhe 6240 C. F., die dritte, größte bei 100' Länge, 26' Höhe und 52' Breite 135200 C. F., die vierte bei 22' Breite, 25,2' Höhe und 28' Länge 15523 C. F., endlich die fünfte bei gleicher Länge und Breite und 24' Höhe 14784 C. F. Inhalt hat, sie umfassen also zusammen über 178000 C. F. Weil Bleiwände von dieser Ausdehnung bei ihrem Gewicht und Biegsamkeit sich nicht selbst zu tragen vermöchten, so sind die Kammern von allen Seiten in eine Zimmerung von Balken eingelassen und unten mit einer Bretterverschalung versehen (s. u. Fig. 83), wodurch dieselben — für den Fall einer Ausbesserung — auch von unten zugänglich werden. Das luft- und säuredichte Fügen der einzelnen Bleiplatten hat bei der ungeheuren Gesamtlänge der Fugen große Schwierigkeiten. Gewöhnliches Loth (Legierung von Zinn und Blei) würde bald zerfressen sein. Obgleich nun Richmond neuerdings gelehrt hat, Bleiplatten ohne Loth (nämlich mit bloßem Blei) durch die Knallgasflamme zu löthen, so findet man diesen Weg doch meist zu zeitraubend und zieht es vor, die aufgebogenen Ränder mit Bleiweißfarbe zu bestreichen und in sich selbst zusammenzubiegen. — A ist ein Ofen zur Verbrennung von Rohschwefel zu schwefliger Säure, von denen zwei zur Speisung des Apparates gehören; seine Höhe beträgt 12', seine Sohlenfläche 144 Q. F. Das doppelte Gehäuse desselben bildet einen Zwischenraum zum Durchstreichen von kalter Luft, wodurch die Hitze geregelt werden kann. Der Zug des Ofens, ein höchst wichtiger Gegenstand, weil durch denselben nicht nur der Ofen, sondern auch ganz beson-

Betrieb der
Schwefelsäure-
bildung.

*) In der Wirklichkeit stehen die Kammern nicht in einer Linie neben einander, sondern um Raum zu gewinnen, paarweise hinter einander, nämlich E hinter C und I hinter M, welche erstere also eigentlich in der Abbildung nicht gesehen werden könnten. Tennant's Fabrik zu St. Rollox bei Glasgow erzeugt jährlich 160000 Ctr. Säure in 20 Kammern, wovon jede — bei 70' Länge — 38000 C. F. hält! —

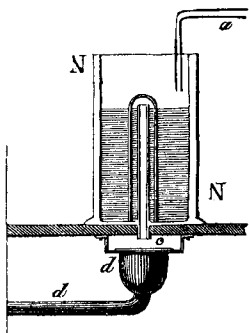
Fig. 81.



ders die Kammer mit der nöthigen Luft gespeist wird, kann mit Sicherheit durch einen Schieber an der Pfenthüre und das Zugrohr *O* mit seinem Regulator *P* gehandhabt werden. Dieser letztere ist eine quer und waagerecht in die Trommel eingelassene Platte oder Scheidewand mit 19 runden Oeffnungen, welche zusammen dem Querschnitt des Zugrohrs gleich sind. Davon kann eine beliebige Anzahl mittelst bleierner Deckel durch die kleine Thür *q* geschlossen werden.

Aus dem Ofen *A* treten die Gase — ein Gemenge von schwefliger Säure, Stickstoff und unveränderter atmosphärischer Luft — durch das große gußeiserne 4' weite Rohr *B*, welches oben durch einen bleiernen Muff *c* in die Kammer *C* geht. Die Höhe dieser Mündung über der Sohle des Arbeitsraumes im Ofen ist nicht gleichgültig und muß, um guten Zug zu bedingen, gegen 30' betragen. Aus der ersten Kammer nehmen die Gase ihren Weg durch das kurze Rohr *D* in die zweite Kammer *E*, um daselbst — bei der hier als Beispiel dienenden Methode — die in staffelförmig aufgestellten flachen Schalen aus Glas einströmende Salpetersäure zu zerlegen *). Erfahrungsmäßig ist es gut, die notwendige concentrirte Säure (gegen 600 Pfd. in 24 Stunden) in Zwischenräumen, von etwa $\frac{1}{2}$ Stunde, also jedesmal 12 Pfd., einströmen zu lassen. Zu dem Ende fließt die Salpetersäure aus einer Reihe verbundener Glasballons, welche zusammen einen größeren Vorrathsbehälter bilden, durch das enge Rohr *a* in das Gefäß *N* Fig. 82 (außerhalb der Kammer), worin die Glocke *b* mit dem weiteren Abflußrohr *c* zusammen einen Heber bildet. Die Weite von *a* ist so

Fig. 82.



abgeglichen, daß daraus in $\frac{1}{2}$ Stunde gerade 12 Pfd. Salpetersäure fließen, welche dann bis *n* stehen; auf dieser Höhe füllt sich *c* von selbst und entleert das Gefäß in wenigen Augenblicken in das Rohr *d*, von wo die Säure nach den Schalen fließt, um erst dann auf den Boden der Kammer *E* abzufließen, wenn sie hinreichend schwach geworden. Die Bleiplatten werden daselbst noch obendrein durch eine Schicht verdünnter Schwefelsäure geschützt. Die hier gebildete sehr salpetersäurehaltige Schwefelsäure fließt durch das kleine Rohr *u* rückwärts in die erste, tieferstehende Kammer *C*, welche keinen andern Zweck hat, als diese Säure der eintretenden schwefligen Säure

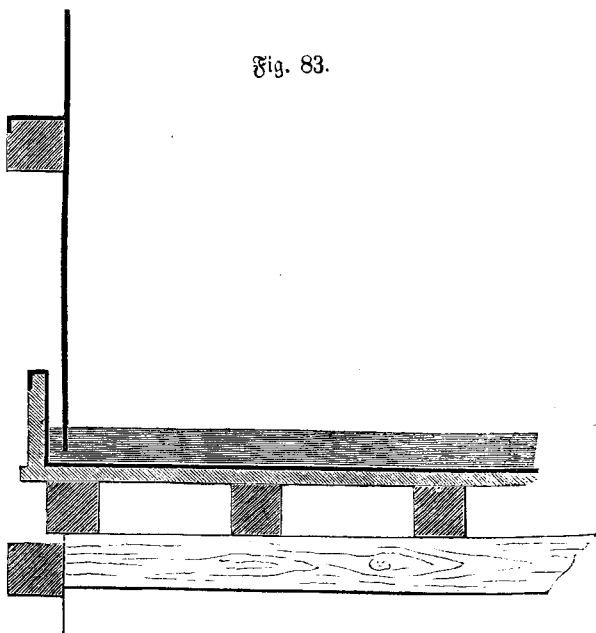
ein zweitesmal preiszugeben, wodurch die Salpetersäure so weit zerlegt wird. In den beiden ersten Kammern bildet sich ein Theil Schwefelsäure — aber nur auf untergeordnete Weise — während der Bildung von Stickoxyd aus Salpetersäure, welches mit den Gasen aus dem Ofen gemengt, durch *F* in die große Kammer *G*, den eigentlichen Heerd der Schwefelsäurebildung, zugleich mit Wasserdampf tritt, wie in die Kammern *I* und *M*, worin sich der Proceß vollendet; die letzten Antheile schwefliger Säure werden dort in Schwefelsäure verwandelt und verdichtet. Ein Dampfkessel *R* liefert nämlich einen Strom von Dampf, welcher durch

*) Wenn die Salpetersäure schon im Ofen *A* aus Salpeter erzeugt wird, so können die beiden ersten Kammern *C* und *E* mit den Schalen, als zwecklos, weggelassen.

Betrieb der
Schwefelsäure-
bildung.

die Leitung *s* in die hinteren Kammern *G*, *I* und *M* vertheilt wird. Die Kammern *I* und *M* empfangen die Gase durch die 2½' weiten Röhren *IH* und *LK*, welche mit den Gefäßen *V* zur Auffammlung des etwa Verdichteten versehen sind. Was in den zwei vorderen Kammern *C* und *E* an Schwefelsäure gebildet wird, läuft aus *C* durch besondere Röhren *gg* in die mittlere große Kammer *G*, welche deshalb tiefer als alle übrigen steht. Um die Flüssigkeit auf dem Boden dieser Kammer fortwährend in Bewegung zu erhalten und in innigere Berührung mit den Gasen zu bringen, giebt man der aus *g* zufließenden Säure einen Fall von 6'. Die Wände der Kammer *G* tauchen — wie man im Detail in Fig. 83 sieht, welche zugleich die Befestigung der Wände an der Zimmerung deutlich zeigt — in den mit Schwefelsäure gefüllten für sich bestehenden Boden der Kammer *G*, eine Anordnung, welche gewisse Vereinfachungen gewährt.

Fig. 83.



An der Hauptstelle *i* in der Kammer *G* mündet das Dampfrohr mitten im Gasstrom, um eine vollständige Mengung zu veranlassen *). — Unter dem Abzugsrohr *O* ist ein sogenannter Refrigerator, d. h. ein Gefäß *Q* angebracht, in welchem die entweichenden Dämpfe über 2 Schichten Wasser streichen müssen, um daselbst den Rest ihrer Schwefelsäure abzugeben. Zur leichteren Ueberwachung und Leitung bringt man an bestimmten Stellen Visiröffnungen mit Schiebern an, welche es möglich machen, sich von Zeit zu Zeit von dem Fortgang des Processes im Innern zu belehren.

*) Vielleicht würden sich die Gase inniger mengen, wenn man sie jedesmal von unten in die Kammern treten ließe, weil sie sich (bei ihrer, im Vergleich mit der bereits darin vorhandenen Luft viel höheren Temperatur) vorzugsweise an der Decke zu lagern streben. Dies gilt besonders für die Einrichtung Fig. 84.

Anstatt mehrere Kammern in der beschriebenen Art an einander zu reihen, ^{Betrieb der Schwefelsäurebildung.} hat man auch wohl vorgezogen, wie in Fig. 84, eine geräumige und sehr lange

Fig. 84.



Kammer durch Scheidewände in eine Anzahl Abtheilungen und zwar so zu trennen, daß dadurch die Gase auf- und absteigend, gezwungen werden, sich innig zu mengen. Obwohl dadurch an Bleiwänden erspart wird, so kann doch dabei schwerlich eine so vollkommene Umwandlung der schwefligen Säure stattfinden.

Es erhellt aus der gegebenen Darstellung von selbst, daß bei derartigen Einrichtungen die Schwefelsäurebildung ohne Unterbrechung vor sich gehen kann. Dies war bei dem älteren Verfahren — bis zur Einführung des neueren im Jahre 1774 — und zwar zu seinem Nachtheil keineswegs der Fall. Dabei richtete man in der Kammer keinen steten Luftzug ein, sondern verbrannte — ursprünglich auf einer Art Wagen, welcher durch eine Thür in die Kammer geschoben wurde — ein Gemenge von Schwefel mit 20 und mehr Procent Salpeter, worauf Wasserdampf eingelassen wurde. Sobald man annehmen konnte, daß die schon vorher auf dem Boden befindliche Säure die neugebildete verschluckt habe, ließ man die rückständigen Gase aus dem Zugrohr entweichen und füllte die Kammer mit frischer Luft, um aufs neue zu beginnen. Hierbei konnte nur so viel Schwefelsäure jedesmal gebildet werden, als der vorhandenen Menge Luft (Sauerstoff), also dem Rauminhalt der Kammer entsprach. Alle über diese Grenze hinaus vorhandene schweflige Säure mußte beim nächsten Lüften verloren gehen, sowie im entgegengesetzten Falle eine Quantität Stickstoffoxyd, welche an der Säurebildung noch gar keinen Antheil genommen hatte.

Die Uebertragung des Sauerstoffs der Luft an die schweflige Säure geht übrigens mittelst des Stickstoffoxyds keineswegs so einfach und ohne weiteres vor sich, als man glauben sollte und anfangs wirklich geglaubt hat. Das Stickoxyd hat nämlich große Neigung, mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Stickoxyd ($N_2 O_2, 2 SO_3$ *) zusammenzutreten, einer Verbindung, welche ihrerseits wieder das Bestreben hat, Schwefelsäurehydrat (wahrscheinlich zu $N_2 O_2, 2 SO_3 + SO_3, H_2 O$) zu binden; dergestalt, daß die Bildung des schwefelsauren Stickoxyds ungemein durch die Gegenwart von Schwefelsäurehydrat befördert wird. So ist es in den Kammern der Fall, wo man die genannte Verbindung häufig in zollthicken krystallinischen Lagen — nach Art der gefrorenen Fensterscheiben —

Theorie
des Betriebes.

*) Die Schwierigkeit der Analyse dieser Verbindung erklärt den Mangel an Uebereinstimmung und die verschiedene Ansicht der Chemiker über ihre Natur. Prevostaye glaubt dieselbe als eine Verbindung von gewöhnlicher wasserfreier Schwefelsäure mit einer Schwefelsäure, worin 1 Aeq. Sauerstoff durch 1 Aeq. Untersalpetersäure ersetzt ist, nämlich $SO_3 + SO_2, N_2 O_4$, betrachten zu müssen.

Theorie
des Betriebes.

die Wände bedecken, oder dieselbe in feinen Glittern schneeartig, zuweilen auch noch mehr zertheilt, als ein fahler Nebel sich niedersinken sieht, indem sich schweflige und Untersalpeter-Säure — aber nur bei Gegenwart von Wasserdampf — sogleich in schwefelsaures Stickoxyd umsetzen.

Es ist also Wasserdampf für ihre Bildung überhaupt und Schwefelsäure für ihre rasche Bildung wesentliche Bedingung. In den Kammern ist übrigens das schwefelsaure Stickoxyd — dessen Erzeugung auch nicht Endzweck ist — von keiner Dauer, weil es durch den zuströmenden Wasserdampf sogleich in Schwefelsäurehydrat, welches sich auflöst, und Stickoxyd, welches sich unter Aufbrausen entwickelt, zerlegt wird, worauf dieses wieder Untersalpetersäure bilden kann u. s. f.

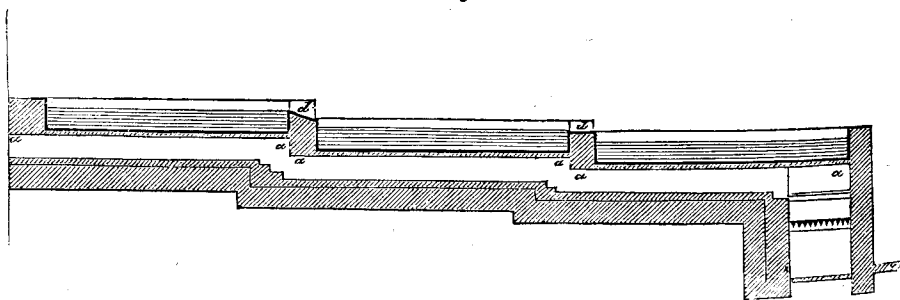
Früher hat man das Auftreten der Krystalle in den Kammern als außer der Regel und etwas Zufälliges betrachtet, bis man durch neuere Untersuchungen (von Rose, de la Prevostaye, Gay-Lussac, Gaultier u. A.) dahin belehrt wurde, daß die Schwefelsäure lediglich aus der Zersetzung des schwefelsauren Stickoxyds hervorgehe.

Es ist nicht gleichgültig, welche Stärke man die Säure vorerst annehmen läßt, sondern nach der Erfahrung am besten, dieselbe bei 52° B. (spec. Gew. 1,558) oder einem Gehalt von 54 % Schwefelsäurehydrat aus der mittleren Kammer, wohin sie zusammenläuft, abzapfen. Stärkere Säure würde zu viel schweflige Säure, viel schwächere (bis über 46 % Hydrat) zuviel Stickstoffoxyd auffaugen. Man hat demnach von jedem Centner Säure aus den Kammern 39 Pfd. Wasser abzuschcheiden, um käufliche concentrirte Säure zu erhalten, welche gegen 93 % Hydrat enthält (66° B.).

Die Concentration.

Der sogenannte »Concentrationsapparat«, worin diese Abscheidung Statt hat, ist aus den Bleipfannen und der Platinblase zusammengesetzt. Die ersteren, Fig. 85, sind zu drei über einer Feuerung *A* aufgestellt und ruhen auf Eisenplatten

Fig. 85.

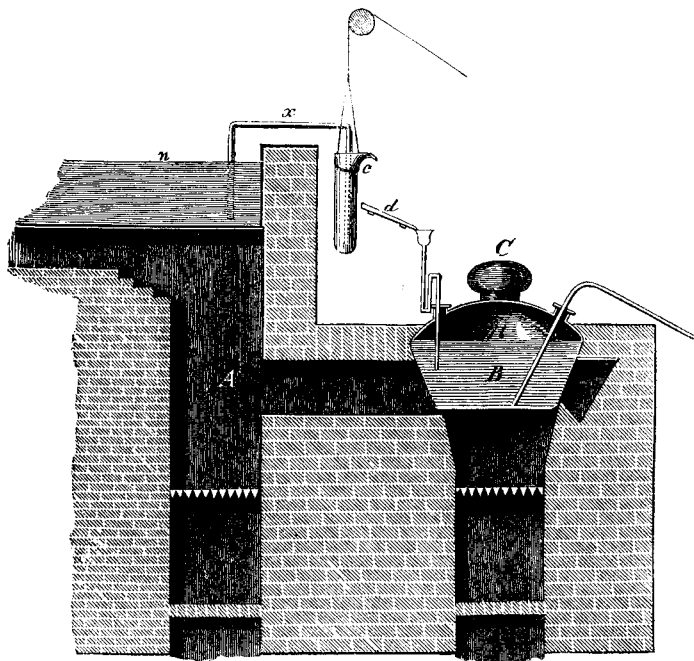


aa, gegen welche die Flamme anschlägt. *dd* sind Einschnitte, durch welche sich die unteren Pfannen füllen. Durch das Eindampfen schlägt sich nun etwas schwefelsaures Bleioxyd und Eisenoxyd (wasserleeres) nieder, während der Siedepunkt der Flüssigkeit eine Höhe — bei ungefähr 65 % Hydrat — erreicht, welche ein unnützes Verdampfen von Säure und mehr noch eine Beschädigung der Pfannen durch Hitze befürchten läßt. Wenn daher etwa 11 % Wasser verdampft sind, womit zu gleicher Zeit Stickstoffoxyd, Salpeter- und schweflige Säure weggehen, so bringt man die Säure

(also mit 1,7 spec. G.) durch den Heber *x* in den Platinkessel Fig. 86, dessen Heerd *A* hart an die Pfannenfeuerung *A* stößt. Das Anlassen des Hebers *x* — der hier ge-

Die Concentration.

Fig. 86.



schlossen abgebildet ist — geschieht beim Füllen der Blase ohne Hahn, überraschend einfach und sinnreich, lediglich durch das Gefäß *c*. Wird dieses nämlich mit seinem Schnabel bis zu der Rinne *d* herabgesenkt, so hat man damit den äußeren Schenkel des Hebers — der stets gefüllt bleibt — unter *n* verlängert und es wird Säure ausfließen. Die Unsicherheit und der große Verlust durch den Bruch der Glasgeschirre hat die Fabrikanten, ungeachtet des hohen Anlagecapitals, allgemein zu Gunsten der Platindestillirblasen *B* gestimmt. Man fertigt solche von 5 bis 20 Etr. Gehalt zu dem Preise von 17 bis 26000 Fl. (fast nur in Paris); alle Fugen werden mit Gold gelöthet. Während des Siebens trennt sich der Inhalt der Blase in käufliche Schwefelsäure und etwas säurehaltiges Wasser, welches durch das Helmrohr *C* und dessen bleierne, gewundene Verlängerung geleitet und dazu benützt wird, eine Quantität schwache Säure aus der Kammer in einer Bleipfanne vorläufig zu concentriren. Weiter erhöht würde der Siedepunkt plötzlich bis 326° steigen und Schwefelsäurehydrat übergehen, ein Punkt, den man in der Praxis natürlich nicht eintreten läßt. Bei dem hohen Preise der Platinkessel liegt es nun im Interesse des Fabrikanten, denselben möglichst ununterbrochen zu benutzen; dagegen ist das Abzapfen einer so heißen und starken Säure in die Glasballons — diese dienen zur Versendung — und die Anwendung von Bleikühlern eine Sache der Unmöglichkeit. Hierdurch wurde die Einrichtung der Heber aus Platin Fig. 87 u. Fig. 88 veranlaßt, welche zugleich Kühlgefäße sind. Der Heber *abc* ist in

Fig. 87.

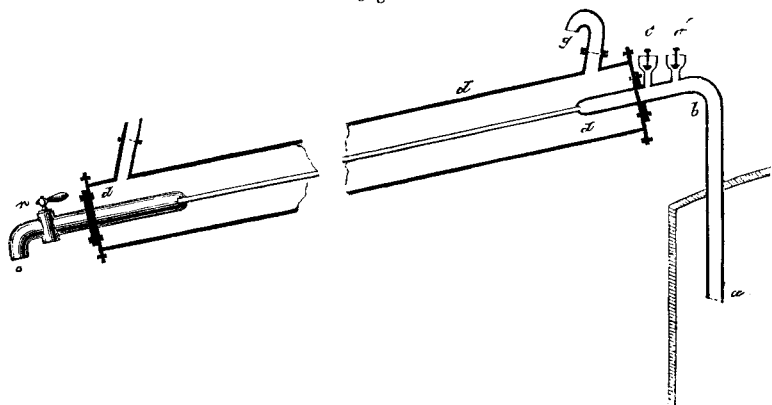
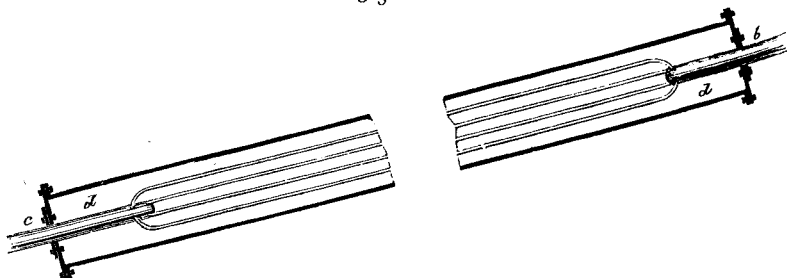


Fig. 88.

Die Concen-
tration.

ein weites Rohr *d d* eingelassen, welches durch *e* mit einem Strom kalten Wassers versehen wird. Bei *g* fließt das warm gewordene ab. Die Abkühlung geschieht also dadurch, daß die heiße Säure in *bc* von einem entgegenfließenden Strom kalten Wassers umgeben ist, eine Wirkung, welche sich durch die Verteilung dieses längeren Schenkels Fig. 88 sehr vermehrt. Um den Heber zu füllen, schließt man den Hahn *n* und gießt Säure, anfangs durch den Einguß *o*, dann durch *o'* ein, bis dieselbe durch *ba* nach der Blase abläuft. Wenn nun *o* und *o'* geschlossen und *n* geöffnet werden, so tritt der Heber in Thätigkeit.

Ertrag.

Bei einer Einrichtung, wie die beschriebene, erhält man aus 100 Pfd. Schwefel, je nach der Leitung 308, 310, selbst 320 Pfd. käufliche concentrirte Säure von 66° B. (= 1,815 spec. G.), wobei 10 bis 12 Pfd. Salpetersäure erforderlich sind, während das ältere Verfahren nicht über 150 bis 200 Pfd. Schwefelsäure gab. Da die käufliche Säure nicht reines Hydrat ($\text{SO}_3, \text{H}_2\text{O}$), sondern vermöge ungefähr 7 % zurückgebliebenen Wassers wahrscheinlich ein Gemenge von $\text{SO}_3, \text{H}_2\text{O}$ mit etwas $\text{SO}_3, 2 \text{H}_2\text{O}$ ist, so entspricht der mittlere Ertrag von 310 Pfd., etwa 288 Pfd. wirklichem Hydrat. Da nun 100 Pfd. Schwefel, um solches zu werden, 150 Pfd. Sauerstoff (= 3 Aeq.) und 56 Pfd. (= 1 Aeq.) Wasser aufnehmen, also der Theorie nach 306 Hydrat geben müßten, so sieht

man daraus, bis zu welchem Grade der Vollkommenheit diese Fabrikation gediehen ist, weil man nur (18 Pfd. Hydrat \Rightarrow) 6 % Schwefel verliert.

Ertrag.

Um so viel Säure, nämlich 310 Pfd. im Mittel, zu erzeugen, verbrennt man im täglichen Durchschnitt 48 Etr. Schwefel, also 2 Etr. die Stunde, welche 2 Etr. Sauerstoff aus 8,5 Etr. \Rightarrow 21000 E. F. Luft aufnehmen, um 4 Etr. \Rightarrow (ungefähr 4400 E. F. bei 0°) schweflige Säure zu werden, wobei 6,5 Etr. Stickstoff \Rightarrow 16400 E. F. von jener (der Luft) zurückbleiben. In der Kammer angekommen bedarf die schweflige Säure weiterer 10700 E. F. Luft, um daraus, unter Hinterlassung von neuem Stickstoff (8401 E. F.) 1 Etr. Sauerstoff \Rightarrow 2200 E. F. zu Schwefelsäure aufzunehmen. Aus der raschen Verdichtung des letzteren, welche einer gänzlichen Hinnwegnahme beinahe gleichkommt, entsprang bei dem alten Verfahren die Gefahr, die Kammer — insofern sie zeitweise verschlossen war — von der Atmosphäre zusammengeedrückt zu sehen. —

Die überschüssig eintretende Luft abgerechnet, werden also zusammengenommen in der Stunde ($4400 + 16400 + 10700 \Rightarrow$) 31500 E. F. des Gasgemenges*) in die Kammern streichen, so daß dieselben in 24 Stunden ihren Inhalt 4 — 5mal erneuern. Die ausströmenden Gase entführen endlich das jedesmal erzeugte Stickstoffoxyd, ungefähr 5 — 6 Pfd. in der Stunde (auf 2 Etr. Schwefel). Um dieses wenigstens zum größeren Theil wiederzugewinnen, hat man den Vorschlag — der übrigens noch von der Praxis geprüft werden muß — gemacht, die entweichenden Gase in dem Rohre O Fig. 81 einem als Regen zertheilten Strom starker Schwefelsäure entgegenzuleiten, welche das Stickstoffoxyd begierig aufnimmt. Die entstandene Lösung von schwefelsaurem Stickoxyd in viel Schwefelsäure soll alsdann im Rohre B, unter dem Einfluß eines Dampfstrahls und der schwefligen Säure wieder zersezt werden. Da sich hierbei die Säure wieder verdünnt, so wird aber ein Theil des Vortheils wieder aufgehoben.

Das käufliche engl. Vitriolöl, nicht für alle Anwendungen hinreichend rein, ^{Unreinheit.} enthält neben Salzsäure (aus dem Kochsalz des unreinen Salpeters) kleine Antheile salpetriger Säure, Salpetersäure und besonders Stickoxyd, welche sich durch eine purpurne Färbung bei Zusatz von Eisenvitriol zu erkennen geben. Bei der Destillation der Säure bleibt schwefelsaures Stickoxyd als weniger flüchtig im Rückstand. Die Gegenwart der Dryde des Stickstoffs ist dem Fabrikanten dadurch nachtheilig, daß sie der Säure die Eigenschaft ertheilen, das Platin anzugreifen. Um denjenigen Antheil wegzuschaffen, der bis in die Platinretorte gelangt, hat man nur nöthig ($\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{2}$ %) schwefelsaures Ammoniak vor dem Erhitzen zuzusetzen, wobei das Ammoniak und jene Dryde sich zu Wasser und Stickstoff zerlegen (Pelouze). — Außerdem findet sich schwefelsaures Bleioxyd (welches sich nicht durch Schwefelwasserstoff, aber beim Verdünnen abscheidet), wasserfreies schwefelsaures Eisenoxyd (als weißen Bodensatz, der beim Verdünnen verschwindet), Selen und Arsenik (aus dem Schwefel oder den Kiesen) in der Säure, welche durch eingefallenes Stroh, Kitt u. fast immer bräunlich gefärbt ist.

Unter den schwefelsauren Salzen, welche die Säure in der Glühbirne — und ^{rauchendes} ^{Vitriolöl.} zwar ohne Zersezung in schweflichte Säure und Sauerstoff — fahren lassen, kann

*) Bei der Temperatur von 0° gedacht.

nur das schwefelsaure Eisenoxyd benutzt werden, welches sich aber von selbst bildet, wenn der Eisenvitriol, ein wohlfeiles, allenthalben leicht zu gewinnendes Salz, geglüht wird. Der Ausgangspunkt des fabrikmäßigen Betriebs ist also der Eisenvitriol (daher Vitriolöl) oder das krystallisirte schwefelsaure Eisenoxydul ($\text{Fe O, SO}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$), von dessen Wassergehalt sich 6 Aeq. vor der Zersetzung das siebente aber, als fester gebunden, erst mit dem Beginn derselben austreiben lassen. In den Vitriolfabriken verwerthet man den unreinen Vitriol aus der eingedampften Mutterlauge, die für sich keinen Handelswerth hat, indem man demselben in zwei auf einander folgenden Operationen zuerst sein

Die Oefen.

Fig. 89.

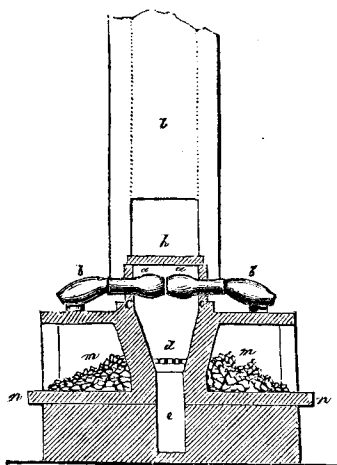
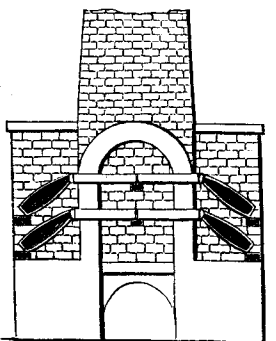


Fig. 90.

Gang der Des-
tillation.

feuer von trockenem Nadelholz an.

säure mit viel schwefliger Säure,

grauen nebelartigen Dämpfe von wasserfreier Schwefelsäure zeigen, legt man die

Vorlagen an, welche mit ungefähr 2 Loth Regenwasser beschickt sind, und die

den nämlichen Oefen Statt, deren Einrichtung zu Hermisdorf die Fig. 89 und zu Radnitz in Böhmen die Fig. 90 im Profil zeigt. Wie bei den Galeerenoefen überhaupt und der Fig. 89 z. B. erhitzt die nämliche Feuerung zwei Reihen von Zersetzungsgefäßen *aa*, sie sind mit den Hälsen in *cc* so eingemauert, daß die Mündungen der beweglichen Vorlagen *bb* bequem in dieselben eingeschoben und verkittet werden können. Wäre im Gegentheil der Hals der Retorten *a* in *b* eingelassen, so würde zu leicht Kitt in die Säure fallen. Der Rost *d* erstreckt sich durch die ganze Länge des Ofens nach dem Ramin *l* hin; *e* ist der Aschenfall und *m* der Raum oder die Darre zum Entwässern des Vitriols, der auf der vorspringenden Platte *n* aufgehäuft liegt. Die Mauern *cc* sind von oben mit Thonplatten *h* bedeckt. — Der böhmische Ofen ist, bis auf die doppelte Lage von Retorten, nicht wesentlich von dem beschriebenen verschieden. Die Retorten sind ungefähr $1\frac{1}{2}$ ' lang und am Halse 4" weit, die Vorlagen bei gleicher Länge von $1\frac{1}{2}$ zölliger Mündung und beide, 5—6 Linien stark, aus Schmelztielmasse gefertigt. Die Oefen sind zu 12 (wie in Fig. 90) bis 30 Retorten auf jeder Seite eingerichtet, welche 3 Zoll von einander abstehen. —

Ist die Beschickung der Retorten geschehen, wobei man 2— $2\frac{1}{2}$ Pfd. calcinirten Vitriol auf jede rechnet, so zündet man ein Flammen- Was zuerst übergeht, sehr wässerige Schwefelsäure, wird nicht aufgefangen. Sobald sich aber die grauen nebelartigen Dämpfe von wasserfreier Schwefelsäure zeigen, legt man die Vorlagen an, welche mit ungefähr 2 Loth Regenwasser beschickt sind, und die

eigentliche Destillation beginnt. Man feuert, bis die Retorten zuletzt eine Zeitlang weißglühen, im Ganzen etwa 36 Stunden, so lange noch Säure übergeht. Hört dies auf und werden die Vorlagen kühl, so nimmt man sie sogleich ab, entleert und beschickt die Retorten aufs neue — was mit einer eisernen Schaufel geschieht —, legt dieselben Vorlagen vor (ohne vorhergegangene Entleerung) und treibt ein zweitesmal ab u. s. f. Erst nach viermaligem Abtreiben der Retorten hat sich der Inhalt der Vorlagen bis zur Stärke des käuflichen Vitriolöls mit wasserfreier Schwefelsäure gesättigt. Man erhält auf diese Weise 45 bis 50% Säure vom trocknen Vitriol, welche in steinernen Krügen mit verkitteten Schraubenschloßpfeln versendet wird. — Der Rückstand, eine rothe braun erdige Masse, Colcothar oder Caput mortuum vitrioli genannt, kann als Anstreichfarbe benutzt werden.

Wenn man wasserfreien Vitriol (FeO, SO_3) glüht, so wandelt sich das Drydul in Dryd um und zwar dadurch, daß es den nöthigen Sauerstoff einem Theil der Schwefelsäure entnimmt, und diese somit zu schwefliger Säure reducirt. Denn $2\text{FeO}, \text{SO}_3$ oder $2\text{Fe} + 2\text{O} + \text{SO}_3 + \text{SO}_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{SO}_3 + \text{SO}_2$.

Es bildet sich also dabei basisch schwefelsaures Eisenoryd, welches bei fernem Glühen seine Säure ohne weiteres fahren läßt. — Bei seiner großen Verwandtschaft zum Sauerstoff, oder bei der großen Neigung des Eisenoryduls, Dryd zu werden, reicht schon das bloße Liegen an der Luft oder gelindes Rösten hin, dieselbe Umwandlung einzuleiten, wobei $2\text{FeO}, \text{SO}_3$ oder $2\text{Fe} + 2\text{O} + 2\text{SO}_3 + \text{O}$ (aus der Luft) zu $\text{Fe}_2\text{O}_3, 2\text{SO}_3$ werden, oder $\frac{2}{3}$ schwefelsaures Eisenoryd entsteht, welches alle Schwefelsäure ohne Zersetzung zu schwefliger Säure, also ohne Verlust, in der Hitze abgibt. In den Vitriolölbrennereien findet beides Statt, insofern man Vitriol verwendet, der bereits an der Luft zum größten Theil in Drydsalz verwandelt ist; man gewinnt dabei für jeden aufgenommenen Theil Sauerstoff 5 Theile wasserfreie Säure mehr. Die Räume bewirken also auch neben der Entwässerung, theilweise eine Röstung des Vitriols. Schon die Größe der Ausbeute beweist das Gesagte: während trocknes schwefelsaures Eisenorydul 30,6%, das Drydsalz dagegen 53,3% trockner Säure geben mußte, erhält man gegen 50% Vitriolöl, was viel mehr als 30,6 wasserfreier Säure entspricht.

Seit die englische Schwefelsäure so wohlfeil im Handel zu haben ist, hat man angefangen, dieselbe in den Vitriolölbrennereien zu benutzen, und zwar entweder so, daß man damit Colcothar (zu schwefelsaurem Eisenoryd) sättigt und das Salz wie oben zersetzt, — oder anstatt des Wassers in den Vorlagen vor schlägt. Im letzteren Falle ist das Product mit allen Verunreinigungen der englischen Säure behaftet.

Das Vitriolöl ist eine ödicke bräunliche Flüssigkeit von 1,9 sp. Gew. Den Hauptbestandtheil macht das Hydrat $2\text{SO}_3, \text{H}_2\text{O}$ aus; in der schwächeren Säure ist dieses mit dem einfachen Hydrat $\text{SO}_3, \text{H}_2\text{O}$ gemengt, in der stärkeren dagegen enthält es wasserfreie Schwefelsäure SO_3 aufgelöst. Die letztere ist so flüchtig, daß sie schon bei gewöhnlicher Temperatur aus dem Vitriolöl entweicht und sich mit der Feuchtigkeit der Luft zu $\text{SO}_3, \text{H}_2\text{O}$, als sichtbarer Nebel niederschlägt. Daher das Rauchen. — Neben Selen und erdigen Theilen fehlt unter den Verun-

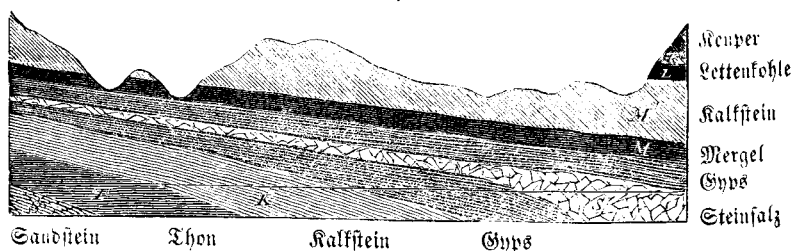
reinigungen fast niemals die schweflige Säure, welche sich selbst nach dem Verdünnen erst allmählig entwickelt und z. B. den Platinschwamm der Zündmaschinen verdirbt, wenn man diese mit rauchendem Vitriolöl anstellt.

Kochsalz.

Vorkommen.

Das Koch- oder Kuchensalz ($\text{Chlornatrium Cl}_2\text{Na}$) wird nicht künstlich dargestellt, sondern findet sich im Gegentheil verschwenderisch fertiggebildet und von der Natur in der Erde aufgespeichert. Nichtsdestoweniger ist seine Gewinnung von vielem Interesse, um so mehr, weil es den Ausgangspunkt zur Darstellung der wichtigsten Natronverbindungen abgiebt. Als Felsart ist das »Steinsalz« — so heißt es bei den Mineralogen — ein bestimmtes Glied des Flözgebirges, im Kalk, Thon, Kreide, Gyps, Mergel, Stinkstein, Schiefer, nicht selten mit bituminösen Gebilden vorkommend. Das große Salzlagere, welches sich von Oberösterreich durch Steyermark, Salzburg und Berchtesgaden erstreckt, sowie das bei Wimpfen in Württemberg, sind die ausgebreitetsten und am meisten ausgebeuteten in Deutschland. Aus dem Profil des letzteren, Fig. 91, ersieht man, wie ein mächtiges Muschelkalklager den Gyps einschließt,

Fig. 91.



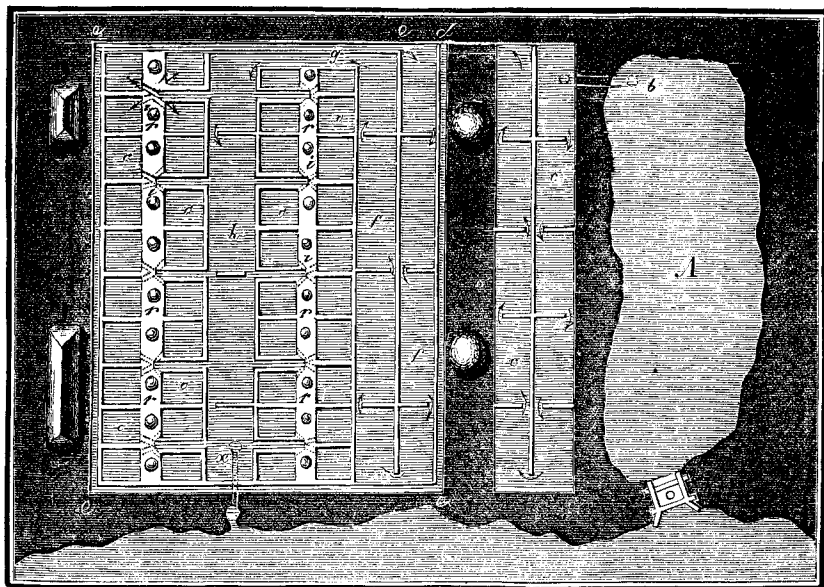
in welchem das Steinsalz, als eine mehr abgeschlossene Masse, in der Mitte liegt. Es ist höchst wahrscheinlich, daß sich das Steinsalz in diesen und ähnlichen Becken aus salzhaltigen Seen abgelagert hat, woraus sich sein Vorkommen in derartigen, im Vergleich mit der ungeheuren Erstreckung der übrigen Glieder derselben Formation, begrenzten und mehr abgerundeten Lagern erklärt. — Im asiatischen und afrikanischen Hochlande finden sich oft sehr ausgebreitete Steppen, deren Boden mit Salz durchdrungen und bedeckt ist, ohne daß andere Erdschichten dasselbe überlagert haben. Auch unvertrocknete Salzseen sind nicht selten, so an der Wolga, in Südafrika, England, am kaspischen Meere u. s. f. In dem Wasser eines solchen Sees bei Sympheropol in der Krimm fand Göbel 16,12% Kochsalz, 2,444 schwefelsaures Natron, 7,55 Chlormagnesium 0,276 Chlorkalcium und 0,7453 schwefelsaures Kali. Das gleichzeitige Vorkommen löslicher schwefelsaurer Salze, anderer Chlormetalle sowie häufig der entsprechenden Brom- und Jodverbindungen, wie es allenthalben beobachtet worden, ist in gleichem Grade für die Geschichte seines Ursprungs und die Gewinnung des Kochsalzes bedeutsam. — Endlich enthalten die Meerwasser — welche schon in ihrer Entstehung aus den geognostischen Processen als eigentliche Salzlösungen

hervorgegangen sind — Kochsalz als vorwaltenden Bestandtheil. Es ist aber wegen der ungleichen Verdunstung die Beschaffenheit des Seewassers nicht immer dieselbe; so fanden in 1000 Theilen:

	Glemm. (Nordsee.)	Marcet.	—
Chlornatrium	24,84	26,66	25,00
Chlormagnesium	2,42	5,15	3,50
Chlorcalcium	1,35	1,23	—
Schwefelsaurer Kalk	1,20	1,50	0,10
Schwefelsaure Magnesia	2,06	—	0,58
Schwefelsaures Natron	—	4,66	—
Kohlensäur. Kalk und Magnesia	—	—	0,20
Salzgehalt	31,87	39,20	29,38 %

wozu noch 6,2 Vol. p. Ct. Kohlensäure, Spuren von kohlensaurem Eisen- und Manganorydul, phosphorsaurem Kalk, Kiesel-erde, Brom- und Jodmetallen, von organischer Materie und Ammoniak kommen. — Selten ist künstliches Eindampfen des Seewassers zur Abscheidung des Kochsalzes zulässig und geschieht alsdann ähnlich, wie nachher bei den Salzquellen beschrieben wird; zuweilen bedient man sich dazu, wie in Sibirien, des Frostes — denn Salzwasser scheidet sich dabei in süßes Eis und starke Salzlauge —, am häufigsten der bloßen Verdunstung durch Luft und Sonne in den »Salzgärten«, Fig. 92, welche

Fig. 92.



man in den wärmeren Küstenstrichen auf Thonboden, gegen die Fluth gesichert, anlegt und während des Sommers, etwa von März bis September, betreibt.

Gewinnung
aus dem Meer-
wasser.

Sie sind nichts weiter als ein System von sehr seichten Teichen, dazu bestimmt, das Wasser bei geringer Tiefe auf eine große Fläche auszubreiten, um durch möglichste Vergrößerung der verdunstenden Oberfläche die austrocknende Wirkung der Luft so zu vermehren, daß sich in den hinteren Behältern stets Salz abscheidet, während der Inhalt der vorderen in gleichem Maße durch frisches Seewasser ersetzt wird. Man benutzt die Fluthzeit, um den Sammelteich *A* durch die Schleuse *a* auf 2 — 6 Fuß anzufüllen, woselbst zwar die Verdunstung schon beginnt, aber auch — was die Hauptsache ist — sich das Wasser von den Schlammtheilen klärt. Das Rohr *b* führt das klare Wasser aus dem Sammelteiche in die vollkommen waagerecht liegenden, aber höchst seichten Vorteiche *c, c, c*, von wo es durch ein zweites Rohr *d* in einen ringsum laufenden 16000 Fuß langen Kanal *e, e*, aus diesem in die Teiche *f, f, f* und endlich durch den offenen Kanal *g* in eine dritte Reihe Teiche *h, h, h* abläuft. Hier angekommen ist die Verdunstung schon soweit vorgeschritten, daß die Salze in den hintersten Behältern *o, o, o*, wovon vier Reihen vorhanden sind, allmählig herauskrystallisiren. Von den Behältern *h, h* gehen nämlich zahlreiche Kanäle *i, i* aus, welche je vier Krystallisationsteiche *o, o* speisen. Wie das Wasser von einer in die andere Abtheilung dieser und der vorhergehenden Teichreihen durch die Dammlücken gelangt, ist deutlich aus der Abbildung zu ersehen. Die Salzkrusten, womit sich die Oberfläche von *o, o, o* nach und nach bedeckt, bricht man ein und krückt sie auf den beiden Hauptdämmen zu kleinen Haufen *r, r, r* zusammen, aus welchen die Mutterlauge in die Teiche *o, o* und *h, h* zurückfließt. Wenn kein Salz mehr herauskrystallisirt, so läßt man die Lauge durch *x* in die See ab. — Sowie es auf den Dämmen liegt, würde das Salz zu stark, hauptsächlich durch Chlormagnesium verunreinigt sein, deshalb wirft man am Rande aus den kleinen Haufen *r, r* große viereckige (*m, m*) oder runde (*n, n*) Haufen auf, welche eine Zeitlang mit Stroh bedeckt stehen bleiben. Während nun hierdurch der Regen abgehalten wird, so ist doch die gewöhnliche Luftfeuchtigkeit hinreichend, das Chlormagnesium zerfließen zu machen, welches dadurch nach und nach aus der Salzmasse abzieht.

Obgleich die Oberfläche sämmtlicher Teiche zusammen mehrere hundert Morgen beträgt, so hängt doch der Erfolg so sehr von Sonne und Wind ab, daß die Verdunstung bei nassem Wetter bisweilen ganz und gar aufhört. Die folgenden mit Seesalz angestellten Analysen zeigen die Natur und den Grad seiner Unreinheit:

	Kochsalz.	Schwe- felfaure Magne- sia.	Chlor- magne- sium.	Schwe- felsaurer Kalk.	Wasser.	Unlösli- ches (an- hängen- der Thon.)	Gewinnung aus dem Meer- wasser.
Salz von St. Ubes in Portugal,							
I. Sorte	95,19	1,69	—	0,56	2,45	—	Berthier.
II. "	89,19	6,20	—	0,81	3,60	0,20	
III. "	80,09	7,27	—	3,57	8,36	0,20	
Salz von Figueras	91,14	3,54	0,70	0,33	4,2	—	Henry.
" " Gynning- ton	93,70	3,50	1,10	1,50	—	0,20	
Salz von Gynning- ton (cat salt) . .	98,80	0,50	0,50	0,10	—	0,10	

Die Art, wie die Steinsalzlager ausgebeutet werden, hängt von der Vertikalität, also: der Tiefe der Lager, dem Preise der Brennstoffe, des Arbeitslohnes u. ab. An einigen Orten geschieht dies durch Bergbau, mittelst Stollen und Schächten, so bei Wieliczka in Galizien (wo das Lager 100 Meilen lang, 20 Meilen breit und 1200 Fuß mächtig ist), bei Liverpool in England und anderen Orten. Die Reinheit des Steinsalzes, giebt an die Hand ob es unmittelbar oder nach vorhergegangener Reinigung durch Lösen und Umkrystallisiren in den Handel gebracht werden kann. Bei Liverpool z. B. gewinnt man es glashell und farblos; sonst aber erscheint es durch die Masse verschiedenartig, meist roth gefärbt, was von eingeschlossenem Thon, Bitumen, besonders aber von denselben Infusorien herrührt, welche noch gegenwärtig lebend in den Salzseen gefunden werden. Außerdem beobachtete H. Rose in dem Steinsalz von Wieliczka einen, in sehr verdichtetem Zustande eingeschlossenen, besonderen Kohlenwasserstoff C_8H_8 , welcher durch sein Entweichen beim Auflösen des Salzes eineigenthümliches Knistern verursacht. Henry fand in Steinsalz von Chester 98,3% Kochsalz, 0,05 Chlormagnesium, 0,65 Gyps und 1% unlösliche Theile. — Anderwärts, wie in Wimpfen, leitet man durch ein Bohrloch, welches sich bis in die Mitte des Salzlagers erstreckt, frisches Wasser hinab, um dann das Salz als gesättigte Lösung zu Tage zu fördern. Zu dem Ende sind Röhren und Pumpensäge in die ganze Tiefe des Bohrlochs eingelassen. Die Salzlösung wird in den Röhren gehoben, während zwischen diesen und der Wand des Bohrlochs das frische Wasser niederrinnt. Dadurch wird in dem Steinsalzlager allmählig eine weite Höhlung ausgefressen, worin sich frisch hinzukommendes Wasser und Salzlösung befinden. Weil nun 1 C. F. der gesättigten Lösung 6,4 Pfd. mehr wiegt, als ebensoviel frisches Wasser, so wird dieses vorzugsweise die Oberfläche der Höhlung einnehmen. Es muß also die Pumpe vom Boden und nicht von der Oberfläche aus aufsaugen und das Saugrohr mithin tief genug eintauchen. Die Ventile dagegen können viel höher gelegen sein, weil die Flüssigkeitssäulen im Inneren und Außen einander das Gleichgewicht halten und in diesem Zustande die Salzlösung eine um so viel geringere Höhe einnimmt,

als sie an eigenthümlichem Gewichte ¹⁾ dem reinen Wasser überlegen ist. Bei einer Tiefe des Bohrlochs von 1200 Fuß steigt z. B. die gesättigte Salzlösung von selbst auf 1000 F. und muß durch die Pumpe nur noch auf 200 F. gehoben werden.

aus dem Soolen.

Gerade so, wie hier durch Kunst, so sind zahlreiche und ähnliche Salzquellen — in der Kunstsprache „Soolen“ — in der Natur entstanden, indem Quellen in ihrem Laufe Steinsalz begegneten. Nur selten sind solche Soolen von der Stärke der künstlichen oder der Sättigung nahe, wie die Lüneburger, welche 25procentig („löthig“) ist, sondern meist durch mangelhafte Sättigung oder später hinzugekommenes süßes Wasser ungleich schwächer. Diese Verschiedenheit der Stärke und der mannichfachen anderen Verbindungen, welche das Kochsalz begleiten, läßt sich leicht aus der folgenden Zusammenstellung entnehmen.

*) Spec. Gewicht der gesättigten Lösung = 1,2046. Ferner enthalten 100 Th. gesättigter Lösung:

bei 1°	26,53	Th. Kochsalz nach	Unger, Gay-Lussac,
„ 17°	26,40	„ „	Gay-Lussac,
„ 18,8°	26,75	„ „	Karsten,
„ 25°	26,30	„ „	Kopp,
„ 100°	28,22	„ „	Unger, Gay-Lussac,
und bei jeder Temperatur	27,00	„ „	Fuchs.

S o o l e n.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	Schönebeck.	Dürrenberg.	Reudenberg (Bohrloch).	Artern.	Nauheim.	Soden (Quelle VI. C.)	Kreuznach.	Salzhäufen.	Reudenberg (Schacht).	Schwalheim.
Kochsalz	9,623	6,599	5,173	2,829	2,506	1,475	1,415	0,943	0,633	0,155
Chlorcalcium	0,007	0,008	—	0,004	Spur	0,037	0,006	0,009	—	—
Chlormagnesium	0,083	0,092	0,166	0,038	0,085	—	0,023	0,080	—	0,023
Chlorcalcium	—	—	—	—	0,203	—	0,261	—	—	—
Chlorammonium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chlorlithium	—	—	—	—	—	Spur	Spur	Spur	—	—
Brommagnesium	—	—	Spur	—	—	Spur	—	—	—	Spur
Bromnatrium	—	—	—	—	Spur	—	—	0,00003	Spur	—
Jodmagnesium	—	—	Spur	—	—	—	Spur	—	Spur	—
Schwefelsaures Kali	0,014	0,004	Spur	0,004	—	—	—	—	—	—
Schwefelsaurer Kalk	0,339	0,250	0,515	0,158	0,005	0,011	—	0,080	0,222	—
Schwefelsaures Natron	0,249	0,208	—	0,092	—	—	—	—	0,036	0,008
Schwefelsaure Bittererde . .	0,012	0,004	0,005	0,004	—	—	—	—	—	—
Kohlensäurer Kalk	0,026	0,058	0,010	0,042	0,150	0,126	0,003	0,037	0,018	0,056
Kohlensäure Bittererde	—	—	Spur	—	0,048	0,024	0,001	—	Spur	0,005
Kohlensaures Eisenorydul . .	0,001	0,004	—	0,012	0,004	0,004	0,005	0,001	—	0,001
» Natron	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» Manganorydul	—	—	—	—	Spur	—	—	—	—	—
Phosphorsaure Thonerde	—	—	—	—	—	—	Spur	Spur	—	—
Thonerde	—	—	—	—	—	0,0005	0,001	—	—	—
Kieselerde	—	—	Spur	—	0,007	0,004	0,013	0,001	—	0,002
Quell- und Quellsalzsäure . . .	—	—	—	—	—	Spur	—	Spur	Spur	Spur
Organische Materie	0,001	0,012	—	0,017	—	—	Spur	Spur	—	—
Kohlensäure	—	—	$\frac{1}{15}$ Volum.	—	0,162	0,211	—	0,027	$\frac{1}{7}$ Vol.	0,296

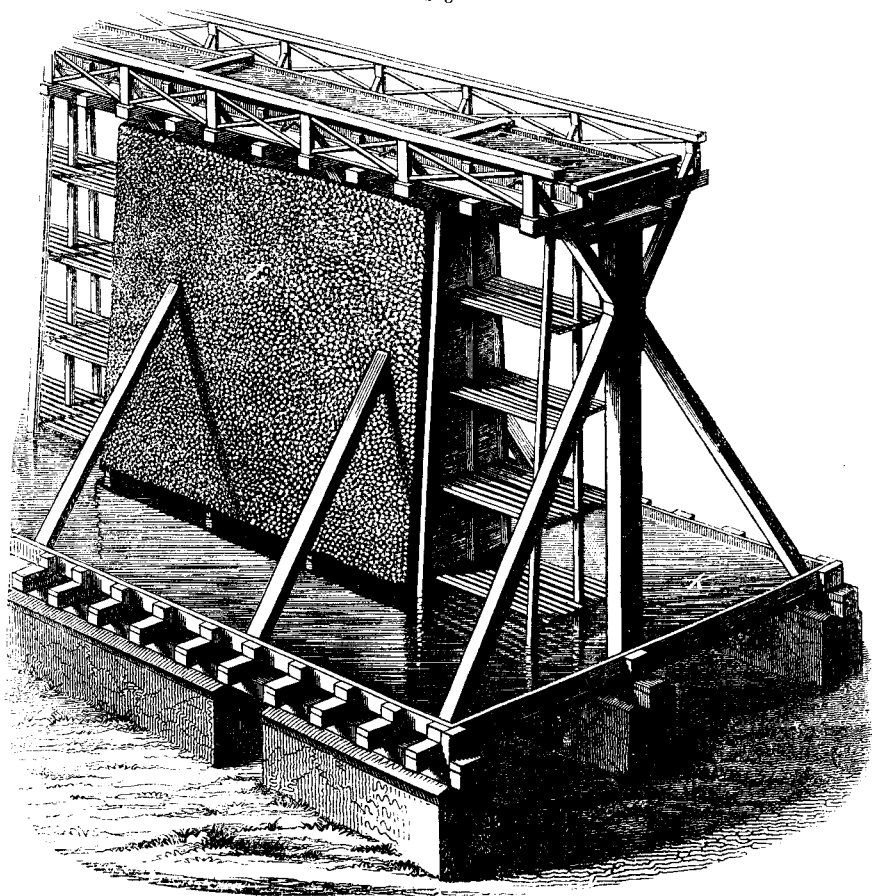
Bestandtheile
der Soolen.

Mit Ausnahme von 6. und 10. werden alle aufgeführten Soolen zu Salz versotten. Aus der geringen Transportfähigkeit des Rochsalzes bei seinem niederen Preise und der verschiedenen Begünstigung durch die Vertlichkeit erklärt sich zur Genüge, warum zu gleicher Zeit sehr schwache und an anderen Orten 10 mal stärkere Soolen die Verarbeitung lohnen. So z. B. beruht die Möglichkeit des Salinenbetriebes in Salzhausen nur darauf, daß man den Brennstoff gleichsam umsonst hat, insofern man die Abfälle des dortigen Braunkohlenwerkes verwerthet.

Bohrlöcher.

Nicht selten gelingt es, durch passende Anlage von Bohrlöchern solchen Soolen nach der Oberfläche Bahn zu brechen, welche durch hydrostatischen Druck unter überlagernden (Thon-) Schichten gespannt sind (artefische). Die Hebung geschieht dann von selbst ohne Mitwirkung von Maschinen und ohne Verdünnung der Soole durch süßes Wasser. Auch sucht man oft durch Bohren diese sogenannten »wildes Wasser« abzuschneiden und die Soole mehr an ihrem Ursprunge zu fassen, wie in Rodenberg im Schaumburgischen, wo man aus der armsooligen (0,6%) Schacht die 8,5mal stärkere Bohrlochsoole (5,1%) erbohrte. Die Verhältnisse zu Neusalzwerk bei preuß. Minden sind besonders geeignet, einen Begriff von der

Fig. 93.



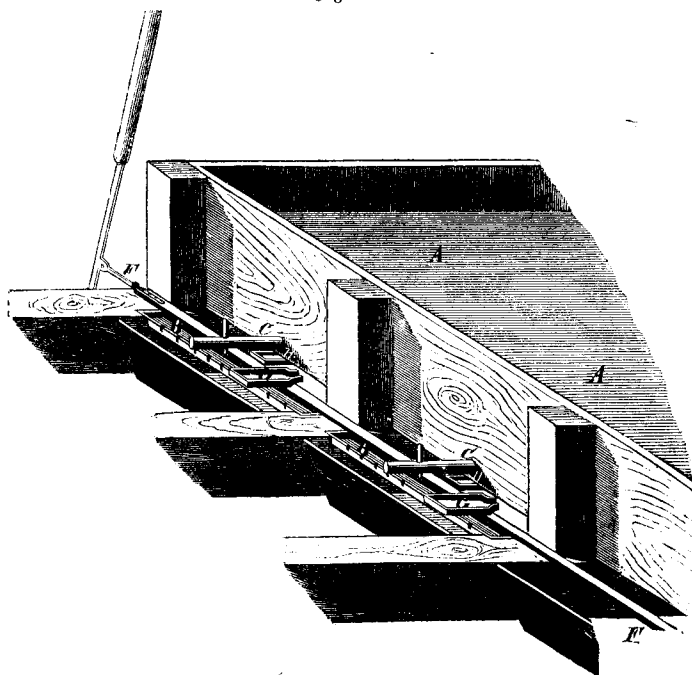
Bedeutung solcher Unternehmungen zu geben. Das dortige neue Bohrloch von Wehrlöcher 4 $\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser ist in dem Lhas angebohrt und stand im Mai 1843, nachdem die verschiedenen Glieder des Keuper durchsunk, noch unvollendet im Muschelkalk, 2515 F. unter der Oberfläche und 2185 F. unter dem Meerespiegel. Daraus quellen in der Minute 84 C. F. einer 4löthigen Soole, also 567670 Etr. Salz im Jahre; der Schönebecker Schacht liefert in derselben Zeit 20—25, die Quelle zu Artern 211 C. F. Soole.

Die große Mehrzahl der Soolen enthält beträchtlich mehr Wasser, als daß Das Gradiren man den ganzen Gehalt bei dem herrschenden Preise des Kochsalzes durch Sieden (mit Brennstoff) austreiben könnte, denn in Salzhausen z. B. setzt 1 Etr. Salz die Verdampfung von 339 C. F., in Schönebeck die jährliche Production von 575000 Etr., Salz die Verdampfung von 19 Mill. C. F. Wasser voraus. Man beseitigt darum bei allen Soolen, welche dem Sättigungspunkt entfernter sind, den bei weitem größeren Theil des Wassers durch Verdunstung an der Luft — »Gradiren« — den kleineren Theil durch »Versieden.«

Die Gradirhäuser sind darauf berechnet, die Soole in einen Regen vertheilt, dem freien Luftzuge auszufsetzen und dessen Einwirkung dadurch zu vermehren, daß man den Fall der einzelnen Tropfen unterwegs aufhält und verzögert.

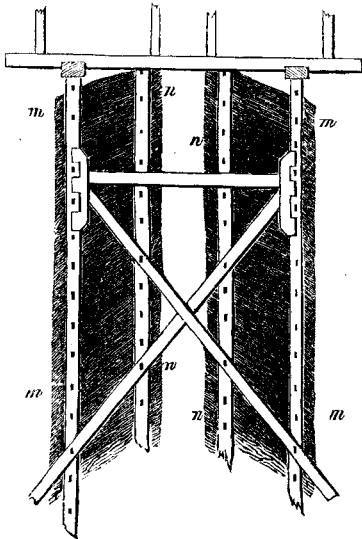
Der Fall der Soole geschieht aus dem Troge A, Fig. 93, in den Soolkassen K, die Verzögerung dieses Falls aber mittelst der Dornenwand L, L, und endlich die Vertheilung der Soole in einen Regen durch die »Geschwindigkeit« , Fig. 94. Die vorhandene bewegende Kraft hebt die Soole auf einen

Fig. 94.



Das Gradiren, meist in einem Thurm (Kunstthurm) liegenden Vorrathsbehälter, wo sie soviel Fall erhalten muß, als nöthig, um die Tröge *A* nach Belieben speisen zu können. Durch die Krähnen *C, C, C* gelangt die Soole in dünnen Strahlen in die, dem Gradirbau entlang laufende Tröpfelrinne *B, B*, um aus den Einkerbungen derselben von da tropfenweise auf die Dornenwand *L, L* zu fallen. Diese ist aus Fäschinen von Schwarzdorn gebildet, welche man zwischen dem Lattenwerk *I, I* aufsetzt und gerade richtet. Das Schuttbrett *I, I* bewahrt die Tropfen, welche stets an der Außenseite niedergehen, vor einer schädlichen Ablenkung durch den Wind, der die Dornen durchstreichen muß. Wegen dieses letzten Punktes sucht man die Gradirbäue hoch, luftig und quer über die Richtung des vorherrschenden Windes anzulegen. Wie man sieht, wird durch die ganze Einrichtung die feinvvertheilte Soole längere Zeit hindurch einem ununterbrochenen Luftwechsel ausgesetzt. Hat der Wind umgeschlagen und droht, die Soole von der Wand ab, über den Bau hinaus zu wehen, so gradirt man auf der entgegengesetzten Fläche der Dornenwand, wozu ein Ruck an dem Hebel *K* genügt. Denn es ist zu dem Ende an demselben die Latte *F, F* befestigt, welche die Kästchen *G, G* trägt. Jener Hebel führt nun die Latte und somit die Kästchen *G* vorwärts unter die Krähnen und mit der hinteren schmalen Mündung über die Querrinnen *H, H*. Dadurch wird die Soole über den Rinnen *B* aufgefangen und durch *H* auf die andere Seite und die entgegengesetzte Dornfläche durch eine ganz ähnliche Rinne wie *B* geleitet. Damit man den Gang der Geschwindstellung bequem beaufsichtigen kann, sind die Balken zu beiden Seiten von *A* mit Gangbrettern belegt und mit Brüstungen versehen. Die hier beschriebenen z. B. in Salzhausen üblichen sogenannten »einwändigen« Gradirhäuser werden bei sparsamer Betriebskraft und wegen Werkholzersparniß angewendet. Im Gegentheil macht man die Dornwand doppelt, Fig. 95, und arbeitet entweder nur mit den Außen-

Fig. 95.



flächen *m, m* — Flächen gradirung — oder auch zugleich mit den inneren *n, n* — cubische Gradirung —, welche zwar nicht den doppelten, aber doch einen (nach Beobachtungen in Dürrenberg) im Verhältniß von 5:8 oder 9 gesteigerten Effect gewährt. Bei jeder dieser Einrichtungen ist es nöthig, die Soole 3-, 4-, 6-, sogar 8mal durch die Dornen fallen zu lassen. Darum sind die Gradirhäuser in der Regel in ebenso viele Abtheilungen getrennt, von welchen die vordere für den ersten, die folgende für den zweiten Fall u. s. f. dient. In Schönebeck umfaßt die wirksame Dornenfläche 390000 Q. F. und verdampft durchschnittlich im Tag 3,7 C. F. Wasser auf den Quadratfuß, also im Jahre (= 258 Arbeitstagen durchschnittlich) über 1,2 Million Dhm im Ganzen. Nach der älteren Art bewerkstel-

ligte man die Gradirung durch Vertheilung der Soole über flache, geneigte Holztafeln ^{Das Grabiren} — Pritschen — oder über mehrere 100000 F. hin und wieder gespannte Bindfäden*). Bei uns haben die Dornenwände, 1559 aus der Lombardei nach Sachsen eingeführt, alles derartige verdrängt. Es läßt sich leicht einsehen, daß die Gradirung bei mäßigem warmem Winde und Sonnenschein am besten, weniger gut bei feuchter Windstille und gar nicht mehr bei Regenwetter vor sich gehen und daß der Wind bei einer gewissen Stärke die Soole über den Soolkasten hinauswehen wird. Auch schadet der Frost; denn Berzelius hat beobachtet, daß unter — 3° die schwefelsaure Bittererde mit einem Theil Kochsalz, Chlormagnesium und Glaubersalz bildet — $\text{SO}_3, \text{MgO} + \text{Cl}_2 \text{Na} = \text{Cl}_2 \text{Mg} + \text{SO}_3, \text{NaO}$ — ohne daß diese Zerlegung bei warmem Wetter rückgängig wird. Man bläst dadurch nicht allein Kochsalz ein, sondern vermehrt auch die Menge des beim Sieden nachtheiligen Chlormagnesiums. Im Ganzen kann man deshalb nur in der besseren Jahreszeit und zwar 200—260 Tage im Jahr gradiren und muß während dem die Stellung der Krähnen der Stärke des Windes anpassen. Dessenungeachtet kann ein beträchtlicher Verlust (12,4 % in Schönebeck) beim Grabiren nicht vermieden werden, weil zum Theil feine Tröpfchen mit fortgeweht werden, theils auch wohl Salz mit dem Wasser verdunstet, wie ähnliche Beobachtungen mit Borsäure (s. u.) wahrscheinlich machen. In Nauheim fand man eine 600 F. vom Bau auf einer hohen Stange befestigte Glasplatte nach einiger Zeit mit einer dünnen Salzkruste bedeckt. —

Die Veränderungen, welche die Soole auf den Dornen erleidet, sind mehrfach. Die kohlenfauren Erden sind nämlich als zweifach-kohlensaure Salze in der Soole gelöst; schon in den Pumpen, mehr noch auf dem Grabirbau, entweicht alle freie und die Hälfte der von den Erden gebundenen Kohlensäure; dadurch scheiden sich diese als unlösliche einfach-kohlensaure Salze ab. Ferner krystallisirt durch den großen Wasserverlust der Mehrbetrag des Gypses**) heraus. In Folge dieser Ausscheidungen sieht man sich die Dornen allmählig mit einer dicken Kruste — Dornenstein — aus kohlensaurem Kalk, Bittererde, Mangan- und Eisenoxydul nebst Spuren von Chlormetallen in wechselnden Verhältnissen überziehen, welche, sofern sie zuletzt die Zwischenräume ausfüllt und den Luftzug hindert, alle 5, 6 oder 8 Jahre eine Erneuerung der Dornwand erforderlich macht. In den Soolkästen lagern sich dieselben Niederschläge als zarter Schlamm, zuweilen mit einer zähen, häutigen, blasenerfüllten, graulichen Masse ab, welche beinahe ganz aus lebenden, reines Sauerstoffgas in Menge abscheidenden Infusorien besteht. Die wesentlichste Veränderung der Soole ist natürlich die fortschreitende Verdunstung des Wassers, und ihr Gang, obgleich immer wegen Ort und Witterung verschieden, kann leicht aus dem folgenden übersichtlichen Beispiel der Gradirung zu Dürrenberg ersehen werden:

*) So z. B. in Montier in Frankreich, wo man den Sommer hindurch das Salz ohne Feuerab dampfung, lediglich auf dem Grabirbau dadurch krystallisirt, daß man die heißgemachte Soole 10- und mehrmals über die Bindfäden fallen läßt.

**) Der Gyps ist nach Berthier in einer Soole dann am löslichsten, wenn diese eine Dichtigkeit von 1,033 hat, kann sich also bei schwächeren Soolen nicht gleich zu Anfang absondern.

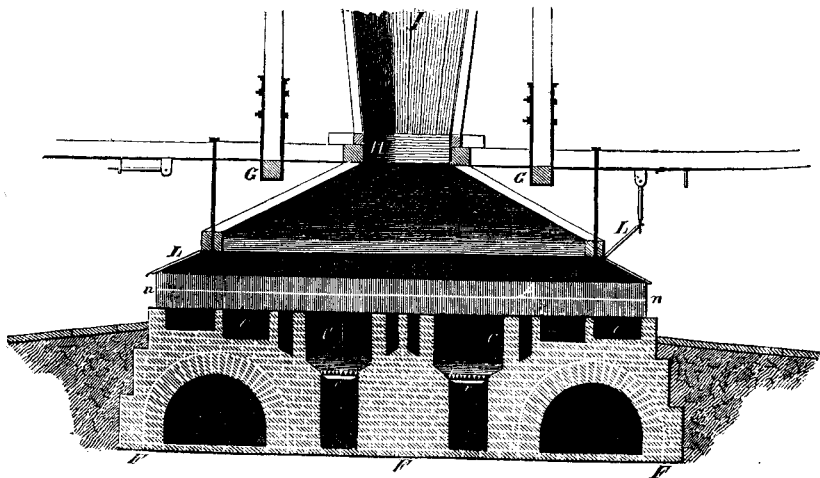
Das Gradiren.		1 C. F. Soole enthält:	es sind also 100	und daher verdunstet
			Pfd. Salz gelöst:	auf 100 Pfd. Salz
anfangs	2,5 Pfd. Salz	in 38,3 C. F. Wasser		
nach der ersten Gradirung	3,9 " "	" 24,7 " "		in der ersten Gr. 13,6 C. F.
" " zweiten	5,6 " "	" 16,6 " "		" " zweiten " 8,1 "
" " dritten	8,0 " "	" 11,3 " "		" " dritten " 5,3 "

Während nun die Verdunstung, wie man sieht, abnimmt, wächst der Verlust beim Gradiren mit der Stärke der Soole, dergestalt, daß zuletzt ein Punkt eintritt, wo der Verlust an Salz (durch den Wind) und der Vortheil weiterer Wasserabscheidung einander aufheben. Davon und von dem Preise der Brennstoffe hängt es ab, bis zu welcher Lößigkeit man gradiren muß. Im Allgemeinen darf die »Siedesoole« nicht wohl mehr als 23lößtig sein; sie fällt in Nauheim 16,47, in Rodenberg 16,38, in Dürrenberg 22, in Schönebeck 17,5, in Artern 21,0% stark; alle natürlichen oder künstlichen Soolen, welche ebenso stark oder stärker sind, wie z. B. die zu Lüneburg (25%), Reichenhall (23%), oder Wimpfen (25%), können natürlich unmittelbar »versotten« werden.

Das Versieden

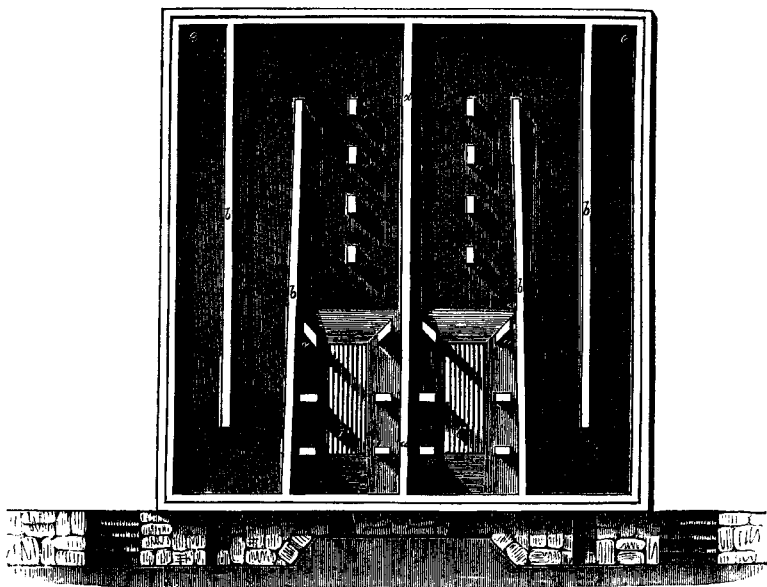
Weil man nur in der besseren Jahreszeit gradirt und mehr im Winter siedet, so sammelt man die Siedesoole in großen gegen Frost geschützten Vorrathsbehältern, um daraus die »Pfannen« in den Siedehäusern (»Salzkothen«) zu speisen und dieselben von dem unregelmäßigen Gange der Gradirung unabhängig zu machen. Ihre Einrichtung geht aus der Fig. 96 hervor, welche den senkrechten Durch-

Fig. 96.



schnitt, und der Fig. 97, welche den waagerechten Querschnitt in der Höhe des Pfannenbodens giebt. Die Pfanne *A* ist ein flaches, viereckiges, aus Schwarzblech zusammengenietetes Gefäß mit flachem oder auch in der Mitte etwas vertieftem Boden von mehreren Klaltern Länge und Breite. Man hat welche von über 60 F. Länge auf die halbe Breite, bis einige 20 Fuß in's Gevierte. Der Pfannenboden ist auf die kleinen Pfeiler *a, a, a* . . . und die Zun-

Fig. 97.



gen *C, C, C...* gelagert, welche auf dem Fundamente *F* aufgemauert sind und ^{Das Versieden} zugleich die Züge *c, c, c...* bilden. Die Zwischenmauer *d* theilt den Raum unter der Pfanne in zwei gleiche Hälften, von denen jede ihren besonderen Rost *c* hat, so daß dieselbe durch zwei getrennte Feuerungen geheizt wird. Die Züge bezwecken eine möglichst gleichmäßige Vertheilung der Flamme, welche zuletzt hinten bei *e, e* in Kanälen nach den Trockenräumen streicht, um diese zu heizen und von da in die Esse zu entweichen. Im Gegensatz zu dieser Art Feuerung — den Circularheerden — nennt man diejenigen, bei welchen die Züge strahlenförmig vom Rost auslaufen, „Strahlenheerde“. Eine wesentliche Bedingung des raschen Abdampfens ist der Luftwechsel über dem Spiegel der Flüssigkeit. Ein solcher — also die Hinwegführung der Wasserdämpfe unter Zufuhr von trockner Luft — und die Sicherheit gegen hineinfallenden Staub 2c. wird durch die dachförmige Bretterverschalung *G, G* — den „Schwaden- oder Brodenfang“ — bewirkt, welche von oben, hängend in die Deckenzimmerung eingelassen, an dieser Stelle (bei *H*) in den Abzugskanal (die Dunstesse) *I, I* einmündet. Der untere Rand, womit der Brodenfang auf der Pfanne zu ruhen scheint, ist nur eine ringsum laufende Reihe von Holzladen *L, L, L*, welche nach Erforderniß so zurückgeschlagen werden können, wie man es rechter Hand Fig. 96. sieht. Die äußere Luft streicht dadurch in stetem Zuge über den Spiegel der Flüssigkeit, belädt sich dort mit Wasserdampf, der dann als sichtbarer Dunst niedergeschlagen, durch *I* weggeführt wird, wo er sich zum Theil verdichtet und sammelt. Die Erfahrung hat gelehrt, daß diese zusammenrinnende Flüssigkeit, besonders während des Kochens der Soole, stets etwas (bis 1%) Kochsalz enthält. Um dieses

zu gewinnen und überhaupt das Zurückfließen in die Pfanne zu hindern, bringt man bei *H* seitwärts in einen Behälter gehende Abzugsröhren an.

Das Versieden der Soole zerfällt in zwei besondere Geschäfte: es beginnt mit dem weiteren Reinigen und Eindampfen der Soole bis zur Stärke der gesättigten Kochsalzlösung — dem »Stören« — und endigt mit der Krystallisation des Salzes, dem »Soggen«.

Das Säuren.

Wenn die Pfannen aus den Vorrathsbehältern, worin sich noch Sodensalz bildet, mit klarer Soole etwas über die Hälfte (bis zu *n*, *n* der Fig. 96.) angefüllt sind, so bringt man dieselbe rasch in's Aufwallen und ersetzt das Verdampfte von Zeit zu Zeit durch neue Soole. Als bald überzieht sich die Oberfläche mit einem schmutzigen braunen Schaume aus veränderter Quell-, Quellsäure und einer erdharartigen Masse *), welche sich mit den zugleich niederfallenden Salzen zu einem dicken Schlamm anhäuft, der theils mit Krücken herausgezogen wird, theils aber auf dem Boden der Pfanne zu einer festen Kruste, dem Pfannenstein, aufbrennt. Nach dem 12ten oder 15ten Sud ist dieser oft zu einer zollthicken Kruste angewachsen und muß dann mit Meißeln ausgebrochen werden. Jene Salze sind vorzugsweise Gyps und schwefelsaures Natron, wahrscheinlich zu einem unlöslichen Doppelsalz verbunden, welches eine beträchtliche Quantität Kochsalz neben kleinen Antheilen anderer Chlormetalle eingeschlossen enthält, wie man aus folgenden Analysen ersieht:

	Schlamm von Montier.			Pfannenstein.	
	anfangs.	in d. Mitte.	zu Ende.	Montier.	Robenberg.
enthält Gyps	28,0	41,1	10,1	11,8	34,7
Schwefelsaures Natron . .	24,5	52,6	25,7	20,6	7,0
Kochsalz	47,5	6,2	64,2	63,4	57,6
Schwefelsaure Magnesia .	—	—	—	3,3	—
Chlormagnesium	—	—	—	0,8	0,5
	Berthier.			Pfankuch.	

wozu noch hier und da ein kleiner Rückstand von kohlensauren Erden und in seltenen Fällen (wie in Wüdingen) kohlensaures Natron kommt.

Beide Ausscheidungen sind also eine neue, mit der Eindampfung wachsende Quelle von Verlust. Unterdessen mehrt sich der Kochsalzgehalt in der Pfanne durch das fortwährende Verdunsten und Nachfüllen endlich bis zum Herauskrystallisiren. Denn gesetzt, man bewerkstellige das Nachfüllen einer Pfanne worin 1600 E. F. Soole (also 176 Etr. Salz) so oft, als $\frac{1}{4}$ verdunstet ist, so werden nach dem ersten Nachschlagen von Soole $176 + \frac{176}{4} = 221$ Pfd., nach dem zweiten $176 + 2 \frac{176}{4} = 286$ Etr. Salz u. s. f. in der Pfanne sein. Wenn sich daher nach 20 bis 24 Stunden auf der Oberfläche anfängt, eine Haut von

*) In den Analysen zum Theil als organische Materie aufgeführt.

Kochsalzkrystallen zu bilden, so mäßigt man das Feuer, bis die Temperatur der Soole auf 90° — 75° gefallen ist, worauf unter langsamer Verdunstung das Soggen beginnt und mehrere Tage dauert. Man sieht während dieser Zeit an der Oberfläche allenthalben kleine schwimmende Krystalle entstehen, die sich nach und nach zu den bekannten 4kantigen Trichtern vergrößern und bald untersinken, wenn sie von dem sich Bahn brechenden Wasserdampfe bewegt werden. Wenn in der Pfanne eine höhere Temperatur herrscht, so finden die Krystalle keine Zeit zu wachsen, es fällt dann Salz von kleinerem Korne; bei möglichst niedriger Temperatur bleiben sie länger schwimmen und geben grobkörniges Salz. In jenem Falle wird die Arbeit rasch, in diesem langsam verlaufen. Indessen steht der Gang oder die Temperatur des Soggens nicht so ganz im Belieben der Salz- sieder, weil der Gehalt der Soole an Chlormagnesium jedesmal dann störend einwirkt, wenn wenig oder kein Glaubersalz vorhanden. Beide Salze verwandeln sich nämlich in der Pfanne zu Koch- und Bittersalz ($\text{Cl}_2 \text{Mg} + \text{SO}_3 \text{NaO} = \text{Cl}_2 \text{Na} + \text{SO Mg O}$). So hat man z. B. beim Versieden der Rodenberger Soolen diesen Einfluß auf eine interessante Weise beobachtet. Die stärkere Bohrlochsoole, welche Chlormagnesium, aber kein Glaubersalz enthält (s. d. Analyse S. 219) zeigte nämlich die Unart, bei gewohnter Temperatur des Soggens sich auf dem Soolspiegel mit einer zusammenhängenden Salzhaut zu bedecken, welche von den Dämpfen nicht durchbrochen wird, sich nach dem Abziehen sogleich wieder bildet und das Abdampfen gänzlich hemmt. Dadurch könnte man kein grobkörniges Salz erzeugen, wie es im Handel verlangt wird; nur durch Temperaturerniedrigung, also Zeitverlust, ließ sich dem Uebel steuern. Zufällig fand man nun in der ärmeren Schachtsoole (worin das Chlormagnesium fehlt, aber Glaubersalz vorhanden ist), wenn diese mit der Bohrlochsoole gemengt wird, ein wirksames Gegenmittel, ohne Zweifel, weil in dem Gemenge die Bestandtheile des Chlormagnesiums und Glaubersalzes zu Kochsalz und Bittersalz werden. Der Erfolg blieb derselbe, nachdem man es für gut gefunden, ohne Weiteres Glaubersalz zuzusetzen, um die schädliche Verdünnung durch die arme Schachtsoole zu vermeiden. — Während des Sonntags, wo die Arbeiten eingestellt bleiben, sieht man die Salzkrystalle am Boden wachsen — Sonntagsalz — denn in der Kälte nicht ganz so löslich, wird durch das Nachlassen des Feuers ein Theil Salz genöthigt, herauszukrystallisiren und setzt sich an den vorhandenen Krystallen ab, welche in der Pfanne liegen. — Man sieht von selbst ein, daß die Reinheit des Salzes mit dem Verlauf des Soggens allmählig und gegen Ende rasch abnehmen muß; so fand Berthier in dem Salz zu Montier:

	Kochsalz.	Chlor- magnesium.	Gyps.	Bittersalz.	Glauber- salz.
Anfangs	94,64	—	1,56	—	3,80
In der Mitte	93,59	0,61	—	0,25	5,55
Zu Ende des Soggens . .	85,5	2,0	—	12 5	—

Das Soggen.

Deshalb muß das Soggen früher unterbrochen werden, als die Abscheidung des Salzes beendet ist. — Im Laufe der Arbeit zieht man das Salz am Boden von Zeit zu Zeit mit langen Krücken an den Rand der Pfanne, um es entweder in Spitzkörbe aus geschälten Weiden, oder auch hinter die aufgeschlagenen Läden zu schaufeln, wo dann in beiden Fällen die Soole in die Pfanne zurücktröpfelt. Das feuchte Salz wird alsdann in den nämlichen Körben, oder auf Jorden ausgebreitet, so lange in die Trockenstube gestellt, bis es keine Feuchtigkeit mehr verliert, und alsdann verpackt. Ein Blick auf die Natur der Soolen und den Betrieb der Salinen überzeugt hinlänglich, daß man in dem käuflichen Rochsalz derselben kein reines Chlornatrium erwarten dürfe, was die Analysen in der That bestätigen. Man fand z. B. in Salz von:

	Schwebel	Salz	Endwagehall	Königsbrom	Chateau Salins	Montier (Commerzsalz) von den Sool- kästen von den Bind- fäden	
Rochsalz	93,9	96,88	99,45	95,90	97,82	98,67	97,17
Chlormagnesium	0,3	3,12	—	—	2,12	0,18	0,25
Chlorcalcium	—	—	—	0,27	—	—	—
Glauberfalz	1,0	—	0,05	—	—	0,75	2,00
Bitterfalz	—	—	—	—	—	0,40	0,58
Gyps	0,8	—	0,28	1,10	—	—	—

Unter allen diesen beigemengten Salzen ist das Chlormagnesium durch seine Zerfließlichkeit in der Luft und seinen sehr scharfen Salzgeschmack bei weitem von dem größten Einflusse auf die Eigenschaften der Waare. Denn während reines Chlornatrium niemals Feuchtigkeit aus der Luft anzieht, so ist das Naßwerden des gewöhnlichen Rochsalzes bei feuchtem Wetter in die Augen fallend und besonders beim Transport sehr fühlbar, um so mehr, je größer der Gehalt an Chlormagnesium. Auf der andern Seite zieht man solches Salz im Küchengebrauche nicht selten dem reineren vor, weil man damit bei gleichem Gewichte mehr salzen kann.

Berthier hat ein sehr sinnreiches Mittel ausfindig gemacht, um das Chlormagnesium aus dem soggenden Salze fern zu halten; man soll nämlich so lange gelöschten Kalk in die Pfanne zusetzen, bis alles Chlormagnesium zersetzt ist ($\text{Cl}_2\text{Mg} + \text{CaO} = \text{Cl}_2\text{Ca} + \text{MgO}$), worauf sich dann beim weiteren Eindampfen das gebildete Chlorcalcium mit dem schwefelsauren Natron zu Rochsalz und Gyps zerlegt ($\text{Cl}_2\text{Ca} + \text{SO}_3\text{NaO} = \text{Cl}_2\text{Na} + \text{SO}_3\text{CaO}$). Natürlich ist hierbei die Anwesenheit einer dem Chlormagnesium entsprechenden Menge Glauberfalz wesentliche Bedingung.

Die zum jedesmaligen Soggen erforderliche Menge Siedesoole, ein »Werk« genannt, hinterläßt nach geendigtem Soggen eine sehr unreine Rochsalzlösung, welche aber nicht so viel beträgt, daß man sie schon ablassen müßte. Erst nachdem noch ein zweites, nach Umständen auch ein drittes Werk in die Pfanne geschlagen

und gesoggt worden, wird der Rückstand — »die Mutterlauge« — abgelaassen und entweder zu einer unreineren Sorte Kochsalz, oder zu anderen Zwecken benutzt. Es fanden:

Die Mutterlauge.

	in Mutterlauge von	Chlorcalcium.	Chlormagnesium.	Chlorkalium.	Kochsalz.	Bittersalz.	Schwefelsaurer Kalk.	Brom- und Jodverbindungen	Wasser.
Pfannkuch.	Robenburg	—	18,33	—	5,82	5,44	0,11	Spur	70,30
Berthier.	Montier	—	4,85	—	20,80	9,50	—	—	64,85
Brandes.	Unna in Westphalen *)	9,98	7,89	2,29	7,45	—	0,06	0,100	72,23
Liebig.		21,78	8,86	1,05	2,21	—	0,01	0,16	65,91

Im Falle die Soole Jod- und Bromverbindungen enthält, werden diese sich bei ihrer hohen Löslichkeit in der Mutterlauge ansammeln und derselben, wie in Kreuznach, Unna und Salzhausen, Heilkraft gegen Skrophulöse Uebel ertheilen. Durch Frost kann die Menge des Glaubersalzes (schwefelsauren Natrons) vermehrt und dieses alsdann, wie aus dem Pfannenstein, durch Krystallisation gewonnen werden. Beim Abdampfen der rückständigen Lauge sondert sich das schwefelsaure Kali ab, worauf man endlich das gebliebene Chlormagnesium durch Zusatz von Glaubersalz und Erwärmung auf 50° in Bittersalz verwandeln kann. Beide, Bitter- und Glaubersalz, finden in der Heilkunde umfassende Anwendung.

Soda.

Sehr viele Gewerbe, welche gerade für die ersten Bedürfnisse der Gesellschaft thätig sind, beruhen auf der Anwendung des Natrons, eines Alkali's, welches dadurch unter den Haupthebeln der Industrie eine ausgezeichnete Stelle einnimmt. Die Erzeugnisse und Handelswaaren, in welchen die Gewerbe diesen Stoff beziehen, heißen Soda und enthalten das Natron im Wesentlichen mit Kohlensäure verbunden. Die Soda kann darum vom chemischen Gesichtspunkte aus, als mehr oder weniger unreines kohlensaures Natron betrachtet werden.

An mehreren Orten, aber nicht eben in großer Menge, findet sich eine mineralische Masse in der Natur, welche vorzugsweise aus anderthalb kohlensaurem Natron ($2\text{NaO} + 3\text{CO}_2 + 3\text{aq.}$) besteht und bei dem Eintrocknen der sogenannten Natronseen im Sommer zurückbleibt. So in Aegypten im Westen des Delta und in der Nähe von Fezzan, woselbst es in einer halbzoll dicken Lage ansetzt und von den Mineralogen Trona genannt wird. Die Südamerikaner nennen dasselbe Product ihres Landes, z. B. bei Mexiko in einem See vorkommend, Urao. Es fanden:

*) Die Umstände machen es an diesem Orte möglich, aus der eigentlichen (von Brandes analysirten) Mutterlauge, durch Eindampfen ein unreines, über 20 pCt. Chlorkalium haltendes Kochsalz zu erzeugen und somit den Soolbädern eine stärkere (die von Liebig analysirte) Lauge zu liefern.

Natürliche

	In der Trona				Im Urao.
	von Aegypten.		von Fezzan.		Bouffins- gault.
	Langier.		Klaproth.		
Kohlensäure	22,44	—	32,6	37,0	41,22
Natron	14,00	—	31,6	38,0	39,00
Wasser	18,35	—	20,8	22,5	18,80
Schwefelsaures Natron . .	38,64	—	15,0	—	—
Kochsalz	6,00	—	—	—	0,98
Fremde Stoffe					

In Ungarn findet sich die natürliche Soda im Bicharer-Comitat, bei Mariatheresiopel, ferner in Klein-Rumanien bei Shegedin — woselbst bereits 5 Fabriken mit seiner Ausbeutung beschäftigt sind — u. a. Orten. Das Salz, daselbst Székő genannt, wittert als schneeweiße Kruste aus dem Boden, welche man in der Frühe vor Sonnenaufgang (wo sie angeblich am reichhaltigsten sein soll) als eine, durch mitgelegte Erde unreine graue Masse zusammenkehrt. Diese Soda-Erde behandelt man genau so, wie unten von der rohen Soda und der Asche in der Potaschenfiederei angegeben wird; man zieht sie nämlich mit Wasser aus und dampft die Lauge — welche neben Soda noch schwefelsaures Natron, Kochsalz und erdige Verunreinigung enthält — zu einer Salzmasse ab, deren Gehalt an färbenden extractiven Stoffen man durch Glühen zerstört. Im Ganzen ist die Menge der natürlichen Soda sehr unbedeutend gegen den riesenhaften Verbrauch in der Industrie.

Die Soda, welche diesen Verbrauch eigentlich deckt, entspringt zum großen Mehrbetrag aus einer chemischen Umgestaltung des Kochsalzes; einen ungleich geringeren Theil liefert die Einäscherung von gewissen Seepflanzen.

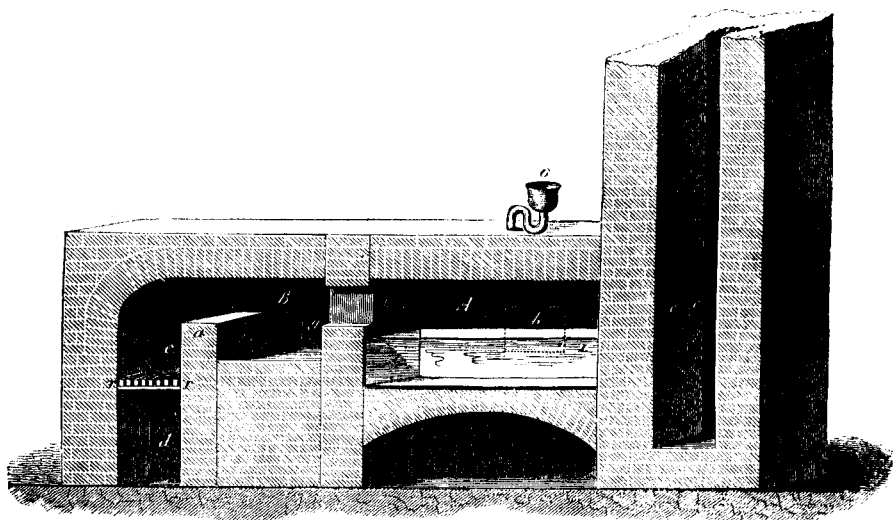
Das jetzt so allgemein gebräuchliche Verfahren jener Umgestaltung ist von Leblanc erfunden und von ihm und seinen Geschäftsgenossen Dizé und Chée zuerst in Frankreich im Großen ausgeführt worden. Wie bekannt, hat diese Erfindung einen neuen Zeitabschnitt in der Geschichte der Gewerbe begründet; aber auch in der Art ihrer Veröffentlichung hat sich jener ächte und großherzige Patriotismus, wie er zu Zeiten der Gefahr den Kern des französischen Volkes besetzte, ein ruhmvolles Denkmal gesetzt. — Vor der Revolution von 89 nämlich kannte Frankreich keine andere Soda als die aus Seegewächsen, welche damals zum bei weitem größeren Theil vom Auslande — den spanischen Küsten — bezogen wurde. Der Krieg der Republik mit beinahe dem gesammten übrigen Europa machte, durch Vernichtung des Handels, diese und ähnliche hochwichtige Quellen der Gewerthätigkeit plötzlich versiegen. So unter anderm die Einfuhr von Potasche. Wenn nun auch für die Glashütten, Seifensieder, Bleicher, Färber u. die Soda zur Noth durch Potasche ersetzbar ist, so konnte doch die Wohlfahrt dieser Gewerbe zu einer Zeit, wo es sich um Sein oder Nichtsein des Staates drehte, so wenig in Betracht kommen, wie der Fall des einzelnen Soldaten im Treffen. Was daher an Potasche in Frankreich selbst erzeugt wurde, ver-

Künstliche
Soda aus
Kochsalz,
Geschichtliches.

schlangen die Salpetersiedereien; denn die Abwehr des Feindes drängte mehr als andere Sorgen. Noch immer ist die Noth die Mutter großer Thaten gewesen; auch die Republik bekämpfte das Uebel durch eine beispiellose Entwicklung innerer Kraft. So forderte der Wohlfahrtsausschuß, angeregt durch den Vorschlag eines Fabrikanten Namens Carny, im Jahr II. alle Bürger in einem besondern Erlaß *) auf, alle ihnen bekannte Mittel und Wege der Sodaerzeugung zum Besten des Staats und mit Hintansetzung aller eigenen Plane und Speculationen binnen 2 Decaden bei einer Commission niederzulegen. Der Bericht dieser letzteren erkannte in Uebereinstimmung mit der heutigen 50jährigen Erfahrung, welche nichts wesentlich Verbessernendes hinzugefügt hat, das Verfahren von Leblanc unter den Vorschlägen einer großen Zahl uneigennütziger Fabrikanten, ohne Widerrede für den einfachsten und zu einem ausgedehnten Betrieb am meisten geeignet. Er zerfällt in die Verwandlung des Kochsalzes in schwefelsaures Natron (Glaubersalz) und in die weitere Zersetzung dieses.

Die Erzeugung des Glaubersalzes wird allgemein in Bleipfannen vorge- Glaubersalz.
nommen, welche zu dem Ende in einem Flammofen eingesetzt sind, oder geschieht vielmehr, wenn man will, in solchen Defen, deren Soole mit Blei gefüttert ist, durch Erhitzung von Kochsalz und Schwefelsäure. Die Fig. 98. zeigt, daß ein

Fig. 98.



solcher Ofen hinter der Feuerbrücke *a* in zwei getrennte Räume *B* u. *A* getheilt

*) Anmerkung. Dieses Actenstück beginnt mit den Worten:

»Zu Erwägung der Pflichten der Republik, welche ihr gebieten, die Kraft der
»Freiheit mit ihrem ganzen Nachdruck auf alle diejenigen Gegenstände hinzulenken,
»welche die Grundlage der unentbehrlichsten Gewerbszweige sind; Pflichten, die ihr
»ferner gebieten, die Fesseln der Handelsabhängigkeit abzustreifen und aus ihrem eigenen
»Schooß Alles, was die Natur darin niedergelegt hat, an's Licht zu ziehen, ebenso um
»die gehässigen Zwangsmittel der Despotie zu entkräften, als um die Gaben des Bo-
»dens und der Gewerthätigkeit in Anspruch zu nehmen;

»in Erwägung dieses ist beschlossen und sind alle Bürger gehalten — *

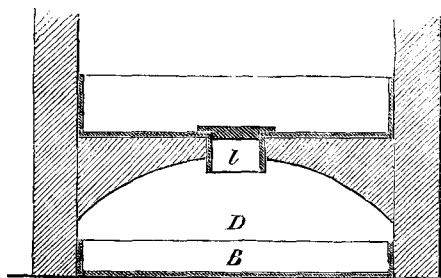
Glaubersalz. Ist. In *A*, dem hinteren und weniger heißen Theile geschieht die Zersetzung, welche in dem vorderen viel heißeren Raume *B* durch Austreiben aller freien Säure und Schmelzen des Salzes vollendet wird. Beide Arbeitsräume sind also stets zu gleicher Zeit in Thätigkeit, der eine zum Zersetzen der neuen, der andere zur Schmelzung der vorigen Beschickung. Die Flamme tritt aus *B* durch 5 Oeffnungen, oder Schlitze *b, b* in *A* und von da durch 3 andere aber weitere, *c, c* in die Esse. Da wo mehrere Oefen neben einander in Betrieb sind, ist diese gemeinschaftlich, entsprechend höher und empfängt den Rauch u. durch geschleifte unterirdische Kanäle. Unterhalb des Kofes *r r*, bei *d*, ist die Thür des Aschenfalls, oberhalb bei *e* die Heizthür; *g* u. *h* sind die Arbeitsöffnungen. Genau dieselben Oeffnungen wie *e, g* u. *h* befinden sich an entsprechenden Stellen in der gegenüberliegenden Wand, so daß jede Ofen-Abtheilung von zwei Seiten zugänglich ist. Um den Inhalt der Bleipfanne *i i* bequem herausnehmen zu können, ist diese bei *h* mit einem Ausschnitt versehen, welcher in der Zwischenzeit mit Thon und Backsteinen zugemauert wird. Es versteht sich von selbst, daß Steine, welche zu leicht von den Säuredämpfen angegriffen werden, für den Ofenbau zu verwerfen sind.

Die Beschickung ist auf 3 bis 8 Ctr. Kochsalz oder zerstoßenes Steinsalz berechnet. Es ist nicht nothwendig, geradezu concentrirte Schwefelsäure anzuwenden, da ein gewisser Grad der Verdünnung dem Zweck nicht schadet. Deshalb umfaßt ein guteingerichteter Betrieb, neben den Sodaoefen auch eine Anzahl Schwefelsäurekammern, aus welchen man die Säure unmittelbar (zu 52° B.) mit Ersparung der sehr bedeutenden Abdampfungskosten entnimmt. Nach der Theorie sind nun auf 100 Th. Kochsalz ungefähr 85 Th. käufliche und 130 — 137 Th. Kammer Säure nothwendig. Weil aber ein geringer Ueberschuß an Kochsalz nicht schadet, so wendet man lieber etwas weniger Säure, nämlich ebensoviel wie Kochsalz an. — Sobald der Ofen soweit geheizt ist, wird die Kochsalz-Beschickung durch *h* eingetragen und die nöthige Menge Schwefelsäure, in einem geachteten Gefäße abgemessen, durch den Bleitrichter *o* hinabgegossen. Sogleich entsteht ein heftiges Aufkochen durch das Entweichen der Salzsäure, welches sich durch Umrühren der Masse noch vermehrt. Wenn nach etwa 2 Stunden die Gasblasen aufhören, die Masse ruhig steht und hinreichend steif geworden ist, um nach dem Erkalten zu erstarren, so wird sie, um das Schmelzen der Bleipfanne und etwaige Beschädigung durch Anbacken der Masse bei weiterem Erhitzen zu vermeiden, ausgezogen und nach *B* gebracht, wo sie calcinirt, d. h. so weit erhitzt wird, bis der Rest von Wasser und Säure vollkommen ausgetrieben ist. Sobald die Bleipfanne entleert ist, folgt eine neue Beschickung von Kochsalz u. s. f.

Schon während der Operation selbst, noch mehr aber bei dem Entleeren der Bleipfanne leiden die Arbeiter viel von den Salzsäure-Dämpfen. Die Einrichtung Fig. 99. a. f. S. bezweckt die Abhülfe dieses Uebelstandes. Anstatt die Beschickung der Pfanne aus dem Ofen herauszufrücken, läßt man dieselbe durch eine Oeffnung *l* im Boden — welche sonst mit einem Bleideckel verschlossen bleibt — in das Gewölbe *D* fallen. Nach hinreichender Abkühlung geschieht die weitere Verarbeitung in *B*. —

Unter Mitwirkung des Wassers in der Schwefelsäure wird Salzsäure entwickelt und schwefelsaures Natron (wasserfreies) gebildet. Glaubersalz. Denn $\text{SO}_3, \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2\text{Na} = \text{SO}_3 + \text{NaO} + \text{Cl}_2\text{H}_2$;

Fig. 99.



es tritt also einfach im Schwefelsäurehydrat Natrium an die Stelle des Wasserstoffs, während dieser mit dem Chlor als Salzsäure entweicht. Es liefern auf diese Art 100 Th. Kochsalz 62 Th. trockne Salzsäure und 116 und mehr Th. Glaubersalz; man sollte theoretisch $121\frac{1}{2}$ Th. erhalten.

An Orten, wo die Salzsäure gut verkauft, oder zweckmäßig verwendet werden kann, geschieht die Verdichtung durch eine Reihe von Steinkrügen mit Wasser (einen Woulff'schen Apparat), durch welche der säurehaltige Rauch vor seinem Eintritt in die Esse hindurchpassiren muß. Noch besser, d. h. mit weniger Verlust läßt sich alsdann die Zerlegung in geschlossenen eisernen Cylindern, nach Art der Gasretorten vornehmen, deren Abzugsröhren in die Verdichtungsgefäße führen. — Meistens sind nun so günstige Verhältnisse nicht gegeben und die auftretende Salzsäure wird alsdann, weit entfernt einen Vortheil zu bringen, vielmehr eine Quelle von Kosten, ob sie frei entweicht, wie hier angenommen, oder nicht.

Denn von der Luftfeuchtigkeit zu wässriger Salzsäure verdichtet, senkt sie sich in jenem Fall als Nebel nieder, tödtet die Pflanzenwelt der Umgebung und fällt den Nachbarn beschwerlich; eine immerwährende Veranlassung zu Klagen und Entschädigungskosten. In England hat man nicht ohne Erfolg gestrebt, den Gasstrom durch entsprechende Erhöhung der Schornsteine mehr in die höheren Luftschichten zu leiten, in der Erwartung, die Säure wenigstens in einer unschädlichen Verdünnung niedersinken zu sehen. So ragt aus der Fabrik von Muspratt — zwischen Liverpool und Manchester — ein kegelförmiger Kamin von 495 h. F. Höhe empor, der bei $30\frac{1}{2}$ F. unterem und 11 F. oberem Durchmesser 1 Million Ziegel enthält! Andere leiten die Säure durch einen Kanal mit Kieselsteinen gefüllt, welche fortwährend mit Wasser benetzt werden, um wenigstens den größeren Theil zu verdichten. Noch Andere benutzen in gleicher Weise weiche Kalksteine, wobei nur unschädliche Kohlensäure entweicht und Chlorcalcium gebildet wird. Man hat ferner gerathen, die Salzsäure ganz zu umgehen, dadurch daß dem in Wasser gelösten Kochsalz Schwefelsäure und Zink zugesetzt wird. Es entweicht Wasserstoff und das entstandene schwefelsaure Zink bildet mit dem Kochsalz Glaubersalz und Chlorzink. Durch Krystallisation lassen sich beide trennen und aus der Mutterlauge durch Kalk Zinkhydrat niederschlagen, welches man später unmittelbar statt des Zinks anwendet. Endlich ist empfohlen worden, eine Lösung von Kochsalz mit schwefelsaurer Bittererde (Bittersalz) zu kochen und das entstandene Glaubersalz von Chlormagnesium durch Krystallisation zu trennen, worauf das letztere in kohlensaures Salz verwandelt und mittelst Gyps wieder in Bittersalz zurückgeführt wird.

Glaubersalz.

Unstreitig das beste, freilich nicht überall mögliche Auskunftsmittel hat sich seit Jahren in einer Verschmelzung der Bleichkalk- mit der Sodafabrication bewährt, wie sie in Tennant's berühmter Fabrik zu St. Rollox bei Glasgow ausgeführt wird. Das Kochsalz dient daselbst zuerst zur Chlorentwicklung, indem man ein Gemenge desselben mit Schwefelsäure und Braunstein in Bleigefäßen erhitzt. Während alle Salzsäure als Chlor dem Kalkhydrat zugeführt und somit verwerthet wird, bleibt ein Gemenge von Glaubersalz, schwefelsaurem Manganorydul und etwas freier Schwefelsäure zurück, welches in einem Flammofen wie Fig. 100. mit soviel Kochsalz versetzt wird, um diese letztere zu binden. Nur dieser bei weitem geringere Antheil Salzsäure, der sich nunmehr entwickelt, geht verloren. Aus der festen geschmolzenen Salzmasse läßt sich nun durch Glühen im Luftzug, wobei das Mangan- (und Eisen-)salz zersetzt wird, mittelst Auslaugen das Glaubersalz von den unlöslichen Drydenzener Metalle trennen, welche man wegwirft, um das andere wie gewöhnlich im Sodaofen zu behandeln. — Die nämliche Verwerthung, aber auf weniger passendem Wege, beabsichtigen Seybell und auch Maugham, welche vorschlagen, die Salzsäure in ein Gefäß mit Wasser und Braunstein zu leiten, woraus sich sofort Chlor entwickelt. —

Trotz dieser Vorschläge ist die zweckmäßige Beseitigung der Salzsäure für die meisten Vorkommen noch immer eine der interessantesten und schwierigsten technischen Fragen, und es bleibt die Beeinträchtigung des Vortheils der Anstalt durch einen, an und für sich so nützlichen Stoff, eine merkwürdige Thatsache.

Bietet sich durch die Nähe einer Saline oder sonst z. B. durch gleichzeitige Darstellung von Salmiak, aus Schwefelsäure, Ammoniak und Kochsalz, worauf schon Siemens aufmerksam gemacht — fertiges Glaubersalz, so ist dies natürlich ein Vorsprung und man kann mit dem folgenden Proceß unmittelbar beginnen.

Rohr Soda

Dieser hat die Aufgabe, das Glaubersalz durch Glühen mit Kohle und kohlen-saurem Kalk in kohlen-saures Natron zu verwandeln. Selten ist die Holzkohle wohlfeil genug; man ersetzt sie dann durch Grubenklein von Stein- oder Braunkohle, wenn die letzteren nicht zu aschenhaltig sind. Als kohlen-sauren Kalk kann man jeden Kalkstein, Kreide zc. anwenden, der nicht übermäßig thonhaltig ist. Zuweilen findet man Ablagerungen einer Art mulmigen Kalktuffs aus Quellwasser, den man dann nicht mehr zu pulvern braucht. Nach der ursprünglichen Vorschrift sollen auf 100 Pfd. Glaubersalz ebensoviel Kalk und 55 Pfd. Kohle genommen werden; doch steigt man wohl auf 110 bis 120 Th. Kalk. Je inniger die Bestandtheile gemengt werden, um so rascher und vollkommener die Einwirkung. Darum ist es nöthig, dieselben vorher zu einem gröblichen Pulver zu mahlen, durchzusieben und möglichst gleichförmig zu mengen. Die Beschickung zu 2 bis 2½ Centner wird in dem Flammofen Fig. 100. a. f. S. erhitzt, dessen Sohle ungefähr 10' lang und muldenförmig oval angelegt ist; die Winkel vermeidet man darum, weil sonst ein Theil der Masse sich dort aufhäufen und von der Flamme und den Rührstäben nicht erreicht würde. Die Feuerung auf dem Roß a wird durch die Thüre l, das Einsetzen und Durchrücken der Beschickung im Arbeitsraum d durch i und g besorgt. Zu dem Ende ist ur bequemerer Handhabung der langen und schweren eisernen Rührhacken und

Kragen vor *g* eine Rolle *e* als Unterlage angebracht. Das Register *p* in der Esse ist hier ganz und gar unentbehrlich. Man hat die Defen zuweilen viel größer, bis zu 20 Etr. Einsaß. — Neuere Erfahrungen haben indessen kleinere Defen, Fig. 101., mit doppeltem Arbeitsraum als zweckmäßiger erkannt. Der hintere Heerd *B* dient zum Vorwärmen und ist von dem Schmelzheerd *A* nur dadurch geschieden, daß seine Sohle um eine Steindicke höher liegt. Wenn der Einsaß in *B* zu erweichen beginnt, so wird er nach *A* herabgezogen und sogleich durch frischen ersetzt. Jeder Ofen, welches seine Größe und Einrichtung sein mag, muß nothwendig einen lebhaften Zug gewähren und deshalb die Esse wenigstens 25 — 40' Höhe haben.

Fig. 100.

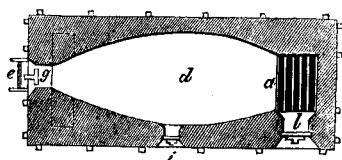
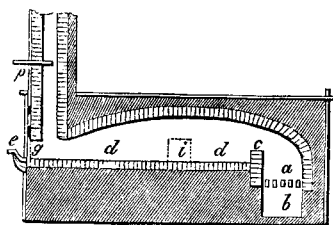
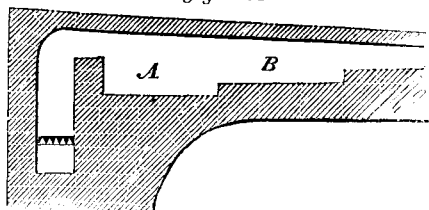


Fig. 101.



Während des Eintragens bleibt das Register derselben halb geschlossen, weil sonst der Zug einen Antheil des Gemenges mit sich fortreißen würde. Sobald man damit zu Ende gekommen und die Masse gehörig über die Ofensohle ausgebreitet ist, schließt man die Thüren, um die Hitze bei geöffnetem Register ungestört wirken zu lassen.

Nach einiger Zeit beginnt die Oberfläche zu erweichen und sich zu ballen, ein Zustand, den die ganze Masse vorher annehmen muß, ehe man weiter gehen kann. Durch behutsames Umrühren (um nichts zu verstauben) sucht man nun das Erweichen durch Erneuerung der Oberfläche zu beschleunigen, so lange bis das Ganze breiartig erscheint. Nunmehr beginnt die eigentliche chemische Thätigkeit mit einer lebhaften Gasentwicklung. Zahlreiche Blasen von Kohlenoxyd mit blauer Flamme zerplatzend, steigen mit den Zersetzungsgproducten der (Stein-, Braun-) Kohlen auf und setzen die Masse in Bewegung, die in diesem Zeitraum unablässig mit den Krücken durcheinandergearbeitet werden muß, damit alle Theile gleichmäßig in der Zersetzung fortschreiten. Zuletzt tritt eine förmliche Schmelzung des Sodasakes ein, der durch die Gasentwicklung zu kochen scheint, bis diese allmählig nachläßt und die Masse endlich ruhig fließt. Dadurch giebt sich die Zersetzung als beendet zu erkennen und es ist Zeit, die — wie sie nunmehr genannt wird — rohe Soda aus dem Ofen in untergesetzte Blechkästen zu scharren, worin sie erstarrt.

Während des beschriebenen Vorgangs wirken die Kohle und der Kalk nicht gleichzeitig, sondern nach einander auf das Natronsalz, so daß eigentlich zwei verschiedene Prozesse auf einander folgen, welche man ebenso gut getrennt in zwei Defen vollführen könnte, wenn man das Glaubersalz erst mit Kohle und dann das erhaltene Product mit Kalk glühen würde. Die Kohle verbrennt nämlich

Rohes Soda.

mit dem ganzen Sauerstoffgehalt des Glaubersalzes (SO_3NaO) zu Kohlenoryd und hinterläßt jenes als Schwefelnatrium, denn $\text{SO}_3\text{NaO} + 4\text{C} = 4\text{CO} + 8\text{Na}$.

Nach diesem Vorspiel gewinnt die Wirkung des Kalks Raum, der seine Bestandtheile mit dem Schwefelnatrium austauscht, so daß kohlen-saures Natron und Schwefelcalcium entstehen ($\text{NaS} + \text{CO}_2, \text{CaO} = \text{NaO}, \text{CO}_2 + \text{CaS}$). Für den Fall, als sich ein Theil Kalk schon vor dieser Umsehung gebrannt hat und ähend geworden, erhält man Schwefelcalcium und eine entsprechende Menge Aeq-Natron ($\text{CaO} + \text{NaS} = \text{CaS} + \text{NaO}$), welches allmählig aus den Dsen-gasen Kohlen-säure anzieht. Der eigentliche Zweck — nämlich die Bildung von kohlen-saurem Natron — wäre zwar somit erreicht, aber auf eine ungenügende Weise. Denn versucht man das Natronsalz von dem schwer löslichen Schwefelcalcium durch Wasser zu trennen — was früher oder später geschehen muß — so wird die Zerlegung unter diesen Umständen rückgängig, es entsteht wieder Schwefelnatrium und kohlen-saurer Kalk, und man befindet sich genau wieder auf demselben Punkt, wie unmittelbar nach der Einwirkung der Kohle. Die Erfahrung hat gelehrt, diesem nachtheiligen Ausgang durch Zusatz von doppelt so viel Kalk, als die Entschwefelung des Schwefelnatriums erheischt, zu begegnen. Dieser weitere Antheil Kalk tritt nun am Schluß des Vorgangs, nachdem er seine Kohlen-säure verloren hat, mit dem Schwefelcalcium zu einer eigenthümlichen Verbindung zusammen, welche unter Wasser keinen weiteren Einfluß auf das kohlen-saure Natron hat. Nimmt man mit Dumas an, diese Verbindung sei aus 2 Aeq. Schwefelcalcium und 1 Aeq. Kalk zusammengesetzt, so müßte man im Ganzen anwenden:

	oder	man wendet wirklich an
2 Aeq. Glaubersalz = 1784	— 100 . .	100
8 — Kohle = 600	— 33,6 . .	55
3 — kohlenf. Kalk = 1893	— 105,3 . .	100 bis 110 oder 120,

woraus sich deutlich ersehen läßt, daß die Theorie auf das nämliche Mischungsverhältniß hinführt, welches schon vorher der umsichtige Takt der Praktiker als das beste erprobt hat. Denn für gleiche Wirkung ist mehr Steinkohle als Holzkohle nöthig, auch ist schon der Sicherheit wegen ein Ueberschuß an Kohle rathsam.

Ein Blick auf das Theoretische des Sodaschmelzens ist hinreichend zu zeigen, von welcher Wichtigkeit eine sichere Leitung des Luftzugs, das gleichmäßige Durcharbeiten der erweichten Masse und das Erfassen des rechten Moments ihrer Entfernung aus dem Ofen, für das Gelingen einer Arbeit sein müssen, welcher zunächst eine Sauerstoffentziehung zu Grunde liegt. Wenn man sich nämlich vergegenwärtigt, daß die Flammöfen eigentlich nur Löthrohre in großem Maßstabe sind, worin durch den Luftzug eine Flamme auf den zu heizenden Gegenstand geblasen wird, so leuchtet ein, daß dieselbe — genau wie im Kleinen — bei starkem oxydirend (verbrennend), bei schwächerem Zug sauerstoffentziehend oder wenigstens nur schwach oxydirend wirken muß. Auf der andern Seite ziehen die Schwefelmetalle (Schwefelnatrium, Schwefelcalcium) sehr leicht Sauerstoff an. Demnach würde streng genommen bei einem Zug (einer Stellung des Registers) gearbeitet werden müssen, welcher keinen freien Sauerstoff in

der Flamme erlaubt. Dies ist nun in der Praxis schon um deswillen nicht thunlich, weil man mehr Hitze nöthig hat; man sucht darum den Aufenthalt des Gemisches im Ofen nach Kräften durch Umrühren abzukürzen und dabei den Zug so gut als möglich zu regeln. Nichtsdestoweniger verbrennt stets etwas Schwefelnatrium zu Natronsalzen mit den Säuren des Schwefels; ebenso Schwefelcalcium zu schwefelsaurem Kalk, welcher nachher zur Wiedererzeugung von Glaubersalz dadurch Veranlassung giebt, daß er, mit dem kohlensauren Natron in Berührung, zu kohlensaurem Kalk wird.

Die erhaltene »rohe Soda« hat das Ansehen von zusammengeballter, halbverschlackter Asche und bildet graue, mit Kohlenstücken untermengte mehr oder weniger feste Massen, aus kohlensaurem, schwefelsaurem, schwefligsaurem, unterschwefligsaurem Natron, Aegnatron, Schwefelnatrium, unzersehtem Kochsalz, Schwefelcalciumkalk und Kalk bestehend. — Erfahrungsmäßig liefern 100 Th. Glaubersalz 153 bis 168 Th. rohe Soda, worin 50 bis 55 Th. ($32\frac{1}{2}$ bis 33 %) reines, trocknes, kohlensaures Natron sind, während nach der Theorie aus ebensoviele Glaubersalz 75 Th. erfolgen müßten.

Manche Gewerbe benutzen schon die rohe Soda und empfangen solche durch den Handel. Man pflegt nun für diese Sorte ein Glaubersalz zu verwenden, von 10 — 12 % Kochsalzgehalt, welche in die Soda übergehen und derselben die Eigenschaft ertheilen, an feuchter Luft leicht zu Pulver zu zerfallen, ohne daß man sie zu mahlen braucht. Zuweilen ist (z. B. den Seifensiedern) ein Kochsalzgehalt gerade erwünscht.

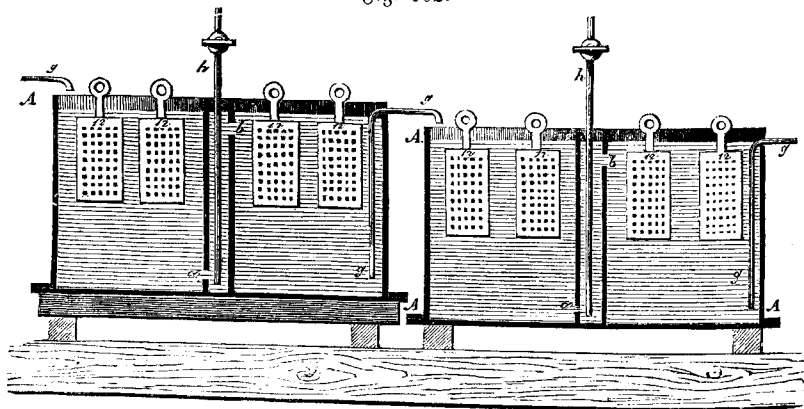
Aus dem größten Theile der rohen Soda wird an Ort und Stelle reines kohlensaures Natron — wasserleer oder krySTALLISIRT — gewonnen. Die KrySTALLe dieses Salzes bieten eine sehr sichere Gewähr für ihre Reinheit, enthalten aber 10 Aeq. oder 62,85 % Wasser. Man stellt darum sowohl Sodasalz (wasserleeres) als auch krySTALLISIRTE Soda dar.

So wie sie aus dem Ofen kommt, ist die rohe Soda zu fest und dicht, um sich gut mit Wasser auszuziehen zu lassen. Sie muß darum entweder unter stehenden Mühlensteinen zerknirscht und gesiebt, oder durch heißen Wasserdampf aufgelockert werden. Zu dem Ende besprüht man die Masse in einem mäßig geheizten Ofen mit Wasser, wo sie dann in der Atmosphäre von Dampf bald aufschwillt und zerfällt. Bei der nachfolgenden Behandlung mit warmem Wasser wird das kohlensaure Natron mit den anderen löslichen Salzen aufgenommen und die Kalkverbindung als Rückstand hinterlassen. Die ganze Wassermenge, welche dazu gedient hat, muß nach geschehener Trennung und zwar, wie natürlich, mit einem entsprechenden Aufwand an Brennstoff verdampft werden. Wenn es nun deshalb auf der einen Seite der Vortheil des Fabrikanten erheischt, mit dem Wasser so sparsam umzugehen als möglich, so liegt es andrerseits nicht weniger in seinem Interesse, dem Rückstand auch den letzten Rest von Alkali zu entziehen. Sowohl hier, als in allen ähnlichen vorkommenden Fällen hat man beiden Anforderungen durch ein und dasselbe sinnreiche Verfahren zu entsprechen gewußt. Die Schwierigkeit liegt auf der Hand: wenn beim ersten Aufguß die Wassermenge zu gering ist, so bleibt ein Theil ungelöst; wo nicht, so wird zwar alles Alkali aufgelöst, aber, wie auch im ersten Falle, nicht alle Lösung abgezapft

Auslaugen.

werden können, weil der schlammige Rückstand eine beträchtliche Menge davon, wie ein Schwamm, zurückhält. Es wird also immer unmöglich sein, mit dem ersten Aufguß alles Lösliche wegzunehmen, wodurch man zu einem 2ten, 3ten oder 4ten Aufguß genöthigt wird, welche von abnehmendem Gehalt sein werden, so daß man im Ganzen ein Uebermaß von Wasser zu bewältigen hat. Der Kunstgriff, wodurch man in der Praxis diesem Uebel begegnet, beruht auf dem ununterbrochenen Gange des Processes und besteht darin, daß man dasselbe Wasser, womit z. B. der erste Aufguß bewerkstelligt wurde, mehrmals hintereinander und so oft auf neue Portionen roher Soda gießt, bis die Lösung die gewünschte Stärke (Siedewürdigkeit) besitzt. Ebenso kann man jeden 2ten, oder folgenden Aufguß verstärken, so daß man nie andere als hinreichend starke Laugen in die Abdampfkessel bekommt. Gesezt also, eine bestimmte Menge Wasser habe aus dem ersten Antheil roher Soda 8 % aufgenommen, so wird sie von dem 2ten Antheil ebensoviel lösen und mit 16 %, vom 3ten mit 24 % ablaufen u. s. f. Heißes Wasser vermag mehr als sein eigenes Gewicht, kaltes die Hälfte desselben, noch kälteres von 8° gegen 23 % krystallisirtes kohlensaures Natron aufzulösen. Die Einrichtung Fig. 102. zeigt, wie die entwickelten Grundsätze in der

Fig. 102.



Ausübung am besten gehandhabt werden. Ein jeder der eisernen Auslauebottiche *A, A*, ist durch eine Doppelscheidewand in zwei Hälften getheilt, welche durch eine untere Oeffnung *a* und eine obere *h* in Verbindung stehen. In jede Hälfte sind zwei Blechkästen *n, n* mit siebartig durchbrochenen Wänden, welche mit roher Soda gefüllt werden, so eingehängt, daß sie eben unter den Wasserspiegel untertauchen. Man sieht sogleich, welcher große Vortheil aus dieser Lage erwächst. Denn die Flüssigkeitstheile werden in dem Maß, als sie sich mit löslichen Theilen beladen, schwerer, sinken an den Boden und räumen dadurch ihre Stelle anderen Theilen ein, welche sich auf demselben Wege sättigen. Es wird also dadurch das Ausziehen des Salzes im Vergleich mit der gewöhnlichen Art, das Rohmaterial auf den Boden der Gefäße zu schütten und Wasser aufzugießen, wobei solche Strömungen nicht eintreten können, außerordentlich beschleunigt. Aus dem nämlichen Grunde (wegen der Verdrängung der Flüssigkeit (deplace-

ment) geschieht die Auflösung von einem Stück Zucker, unter den Spiegel des Wassers gehalten, vielmal schneller, als vom Boden des Glases aus. Im ersten Falle sieht man auch deutlich den Syrup in Streifen niedersinken. — Zu einem vollständigen Apparate gehören immer 10 bis 12 der beschriebenen Bottiche, welche neben einander und zwar terrassenförmig — jeder folgende einige Zoll tiefer als der vorhergehende — aufgestellt sind. Gerade so wie die Flüssigkeit jeder ersten Abtheilung durch eine untere Oeffnung *a, a..* in den scheidenden Zwischenraum und von da durch eine obere entgegengesetzte Oeffnung *b, b..* in die 2te gelangt, gerade so wird sie in letzterer vom Boden aus, durch die Röhren *g, g..* in den nächsten tieferen Bottich von oben eingeleitet. Die Dampfrohren *h, h..* dienen dazu, die Temperatur des Ganzen auf etwa 40° zu erhalten. Das frische Wasser tritt nun stets in den obersten Bottich ein; dagegen wird nur der untere mit frischer Soda beschickt und während jenes die ganze Reihe von oben nach unten durchströmt, so durchlaufen die Blechkasten mit Soda dieselbe Reihe von unten nach oben, indem sie von Zeit zu Zeit umgehängt werden. Das Wasser wird dadurch zu einer Lauge von stets wachsender Stärke, um endlich an der frischen Beschickung des untersten Bottichs die Siedewürdigkeit zu erreichen. Umgekehrt erleidet die rohe Soda eine fortschreitende Erschöpfung, um zuletzt im oberen Bottich den Rest ihrer löslichen Theile an das frische Wasser abzugeben.

Man erhält also eine Lauge von ziemlich gleichbleibender Stärke, worin nicht bloß kohlensaures Natron, sondern alles Lösliche überhaupt, besonders Schwefelnatrium enthalten ist, und verdampft dieselbe in ganz ähnlichen staffelförmigen Bleipfannen, wie sie Fig. 85. abgebildet sind. Während dessen ordnet sich der größte Theil des Schwefelnatriums zu unterschwefligsaurem Natron (NaS wird $\text{NaO, S}_2\text{O}_2$); die anderen Bestandtheile der Lauge ändern sich nicht und gehen mit dem letzteren, je nachdem die Abscheidung gehandhabt wird, in verschiedenen Mengen in die Soda über. Dampft man nämlich die Lauge ohne Weiteres zur Trockne ein — was dann in eisernen Gefäßen geschieht — so bleiben alle fremden Stoffe bei der Soda. Deshalb zieht man es in der Regel vor, auf die nämliche Weise zu verfahren, wie beim Soggen des Kochsalzes. Wenn nämlich die Stärke der Lauge einen gewissen Punkt überschritten hat, so fallen ununterbrochen kleine Krystalle von einfach gewässertem kohlensauren Natron ($\text{NaO, CO}_2 + \text{aq.}$) zu Boden, welche mit Schaumlöffeln ausgeschöpft, zum Abtropfen hingestellt und getrocknet werden. Hierbei verbleibt fast alles Nagnatron und Schwefelnatrium nebst dem Mehrbetrag der anderen fremden Salze in der Mutterlauge. Wird diese eingedampft, mit Sägespänen oder Steinkohlengrus gemengt und in einem Flammofen durchgeglüht, so entweicht der Schwefel des Schwefelnatriums (wahrscheinlich als Schwefelwasserstoff) und kohlensaures Natron wird gebildet. Dasselbe geschieht mit dem Nagnatron, welches direct Kohlensäure aufnimmt; auch das schwefelsaure Natron wird dabei zu Schwefelnatrium reducirt und erfährt in diesem Zustande die nämliche Umformung. Dieselbe Reinigung kann auch mit dem Salze vorgenommen werden, was durch Eindampfen der Mutterlauge zur Trockne erhalten wird. Bei weitem am reinsten erhält man die Soda, wenn man die ursprüngliche rohe Lauge, oder auch das

Auslaugen. • wiederaufgelöste halbgereinigte Salz bis zum Sättigungspunkt abdampft und zum Abkühlen hinstellt, wozu die kalte Jahreszeit besonders geeignet ist. Es schießt in diesem Falle die Soda in großen, wohlausgebildeten Krystallen (NaO , $\text{SO}_3 + 10 \text{ aq.}$) an, welche nur etwas schwefelsaures Natron, aber frisch 62,8 % Krystallwasser enthalten, eine Menge welche in dem käuflichen Salz dadurch etwas vermindert wird, daß dasselbe an der Luft langsam verwittert. Im Handel unterscheidet man von der rohen Soda — eine Benennung, welche wohl bisweilen auch die zur Salzmasse eingetrocknete Mutterlauge umfaßt — das Sodasalz (Soda ohne Krystallwasser) und die krystallisirte Soda.

Mit dem größten Rechte muß dem Leblanc'schen Verfahren der gänzliche Verlust alles Schwefels zum Vorwurf gemacht werden, welcher als Schwefelsäure verwendet wird und fast $\frac{1}{3}$ der reinen Soda beträgt. So nahe es liegt, das vorhandene Mittel — die Salzsäure — zur Wiedergewinnung des Schwefels aus dem schiefergrauen Rückstand zu gewinnen, welcher neben Kohle, Kieselerde, Kalk, Bitterde, Eisen und Gyps beiläufig 15 % davon enthält, so hat dies doch besondere Schwierigkeiten. Einmal werden nur 2 Aeq. Salzsäure erhalten, während wenigstens 3 Aeq. Kalk zu sättigen sind; wenn man nun auch von der Beobachtung Gossage's Gebrauch macht — wonach angefeuchtetes Schwefelcalcium leicht durch Kohlensäure zersetzt wird — und dadurch die Salzsäure in ihrer Wirkung unterstützt, so möchte es doch sehr schwer sein, den Schwefelwasserstoff so frei von Kohlensäure zu erhalten, als es seine Verbrennung in den Schwefelsäurekammern (S. 198) erfordert; denn eine anderweitige Benutzung ist nicht gegeben. — Darcet u. A. haben den fraglichen Rückstand mit Sand gemengt als Mörtel zum Pflastern oder zum Ausschlagen der Gartenwege insofern erprobt gefunden, als er an der Luft hart wird und den Grasschuchs hindert.

Daß bis jetzt keiner der zahlreichen Vorschläge, welche den Verlust des Schwefels von vornherein zu umgehen streben, das Leblanc'sche Verfahren verdrängt hat, erklärt sich hauptsächlich aus seiner großen Einfachheit und dem überaus niedern Preise des Rohschwefels. Einige derselben sind zu interessant, um übergangen zu werden.

Prückner (später auch Persoz und noch später Poole) stellt das Glaubersalz aus schwefelsaurem Ammoniak und Rochsalz dar und verwandelt dasselbe durch Glühen mit Kohle in Schwefelnatrium, welches durch Zusatz von Kupferorydul, Schwefelkupfer und Aeqnatron giebt ($\text{NaS} + \text{Cu}_2\text{O} = \text{NaO} + \text{Cu}_2\text{S}$). Das letztere leitet man in Auflösung einem Strom von Kohlensäure entgegen, um es in Soda zu verwandeln. Was das Schwefelkupfer betrifft, so gelangt man auf eine sinnreiche Weise dahin, es wieder für denselben Zweck nutzbar zu machen. Durch eine Röstung erhält man daraus schweflige Säure und Kupferoryd. Jene wird in Ammoniak geleitet und das entstandene schwefligsaure Ammoniak so lange der Luft ausgesetzt, bis es zu schwefelsaurem Ammoniak geworden; das andere, das Kupferoryd — durch sehr schwaches Glühen mit Kohlenpulver in Drydul verwandelt, — wird mit dem schwefelsauren Ammoniak wie anfangs benutzt. Wollte man nämlich das Dryd verwenden, so würde zuviel unterschwefelsaures Natron entstehen.

Dyar und Hemming benutzen die bekannte Zerseßbarkeit des Kochsalzes durch kohlensaures Ammoniak, um ohne Anwendung von Schwefel (=säure) Soda darzustellen. Ist nach dem Umtausch der Säuren beider Salze das kohlensaure Natron abgeschieden, so wird der Salmiak der abgelaufenen Flüssigkeit mit kohlensäurem Kalk wieder in kohlensaures Ammoniak verwandelt. Hierbei steht der Vortheil, schwefelfreie Soda zu erhalten, der Schwierigkeit gegenüber, Ammoniakverlust zu vermeiden. — Zur Ersparung der Schwefelsäure hat man auch den Rückstand von der Zerlegung des Eisenkieses (S. 196) oder die Lauge aus verwittertem Strahlkies (Phillips) zur Verwandlung des Kochsalzes in Glaubersalz benutzt. — Endlich haben Blanc und Blazille gerathen, durch Schmelzen des Kochsalzes mit Kiesel Erde, ein lösliches kiesel-saures Natron zu erzeugen, um dieses mittelst Kohlensäure (unter Abscheidung von Kiesel Erde) in Soda zu verwandeln; auf ähnliche Art, nur mit Zuziehung von Flußsäure erzeugt Maugham kiesel-saures Natron und bewerkstelligt dessen Zerlegung mit kohlensäurem Kalk. — Anthon's Versuche, Kochsalz mit Kohle, oder Kiesel Erde, oder metallischem Eisen gemengt, glühend unter dem Einfluß von Wasserdampf zu zerlegen, gaben kein Resultat. — An Orten, wo die Potasche (das kohlensaure Kali) einen mäßigen Preis hat, kann man die Gewinnung des Salpeters mit der der Soda vereinigen, indem man Chilisalpeter (salpetersaures Natron) mit kohlensäurem Kali zu Soda und gewöhnlichem Salpeter zerlegt. —

Es gehört zu den unterscheidenden Eigenschaften derjenigen Pflanzen, denen der Meeresstrand oder die See selbst zum Standort angewiesen ist, daß sie vorzugsweise die Mineralbestandtheile des Seewassers (S. 211) in sich aufnehmen und assimiliren. So verwenden sie unter Anderem das Natron des Kochsalzes, wenn zu irgend einem Zweck des pflanzlichen Lebens, z. B. zur Sättigung einer organischen Säure, eine Base nothwendig ist. Daraus erklärt sich, warum — abgesehen von den eigentlichen Seegewächsen, wie den Tangarten — die Strandgewächse, nämlich gewisse Arten von *Salsola*, *Salicornia*, *Atriplex*, *Statice*, *Batis*, *Mesembryanthemum*, *Chenopodium*, *Triglochin*, *Reaumeria* u., so fest an diesen Standort gebunden sind, den sie höchstens mit der Nachbarschaft der Salzquellen vertauschen. Nach dem Verbrennen bleiben die Verbindungen des Natrons mit den Pflanzensäuren als kohlensaures Natron mit den anderen Salzen in der Asche zurück. Man findet darin neben dem kohlensäuren auch schwefel- und unterschwefligsaures, Schwefel-, Jod-, Brom- und Chlornatrium, Cyaneisennatrium nebst entsprechenden Kaliverbindungen als lösliche; ferner kohlensäuren, phosphorsauren Kalk, Schwefelcalcium, Bittererde, Thonerde, Kiesel Erde, Schwefeleisen und Reste von Kohle als unlösliche Bestandtheile. — Im Allgemeinen ist die Asche der See-, in Vergleich mit den Strandgewächsen bei vorherrschenden Kalisalzen sehr arm an kohlensäurem Natron; eine Regel, welche übrigens nicht ohne Ausnahme ist, wie die Analyse der Asche von *Salsola* tragus von Guibourt zeigt, welcher darin 29,04 % kohlensaures Kali, 17,89 Chlorkalium, 4,93 schwefelsaures Kali, 40,26 kohlensäuren Kalk und 7,88 phosphorsauren Kalk mit Eisenoryd fand.

Den Seetang zieht man zur Ebbezeit auf's Trockne und läßt ihn in der Sonne dörren; die Strandkräuter werden abgemäht und ebenso behandelt. Sind

Auslaugen.

Soda aus
Erythraean
36n.

Einsäuerung

Einsäuerung. sie vollkommen dürr geworden, so beginnt die Einsäuerung, aber nicht auf flachem Boden, wo der Wind die Asche verwehen würde, sondern in Gruben von etwa 3' Tiefe und 4' im Geviert, in welche man das Kraut nachwirft in dem Maße als es niederbrennt. Nach mehreren Tagen ununterbrochener Arbeit ist die Asche in den Gruben so heiß geworden, daß sie zusammenbackt zu einer halbver schlackten Masse, worauf man sie ausbricht und versendet.

Barilla. In Spanien baut man die *Salsola soda* förmlich durch jährliches Aus säen an den Küsten an, um daraus eine Asche zu gewinnen, welche von allen ähnlichen die werthvollste. Sie ist unter dem Namen *Barilla* besonders früher sehr im Handel geschätzt worden, bildet feste, derbe schlackige, dunkel aschgraue Stücke, von 25—30 % reinem kohlen sauren Natron. In Frankreich, ihrem Hauptmarkt, unterscheidet man außer der eigentlichen *Barilla* oder *soude douce*, eine geringere Sorte s. *melangée* und eine dritte geringste Sorte s. *bourde*, welche sämmtlich von Alicante aus in den Handel kommen; die von Carthagena ist eine Mittelsorte.

Salicor. Ganz in demselben Sinne zieht man an den französischen Küsten des Mittelmeers (bei Narbonne) die *Salicornia annua* (Familie der *Atripliceen*), um diese Pflanze, nach der Einsammlung des Saamens zu dem sogenannten *Salicor* einzusäubern, einer Masse, welche beiläufig 14—15 % kohlen saures Natron enthält.

Blanquette. Unter dem Namen *Blanquette* kommt eine Soda von etwa 3—8 % in den Handel, welche man zwischen Frotignan und Niguemorte aus allen daselbst wachsenden Strandpflanzen erzeugt, wie *Salicornia europaea*, *Salsola tragus* und *kali*, *Atriplex portulacaïdes*, *Statice limonium*. In früherer Zeit wurde durch absichtlichen Zusatz von Kochsalz der schon an und für sich hohe Gehalt der Asche an diesem Salz häufig betrügerisch vermehrt.

Barec, Kelp. Die Pflanzenaschen endlich, welche unter dem Namen *Barec* und *Kelp* verkauft und an den Nordseeküsten, — die erstere in der Normandie, die andere in Schottland, Irland und den Orkney's — aus Seetang gewonnen werden, treten eigentlich aus der Reihe der Sodasorten heraus, indem das Kelp kaum mehr als 2 %, das Barec aber gar kein kohlen saures Natron enthält, dagegen zur Hälfte aus Kochsalz, zur andern Hälfte aus ungefähr gleichen Theilen Chlorkalium und schwefel saurem Kali besteht. Aehnlich ist das Kelp beschaffen und durch seinen Gehalt an Jodmetallen sehr ausgezeichnet. — In Frankreich diente das Barec den Seifensiedern als ein passendes Ersatzmittel für das starkbesteuertere Kochsalz. Für Schottland z. B. ist das Kelp eine Quelle von Kalisalzen und Jod. Die Lauge aus dieser Asche wird daselbst eingedampft, wobei sich hintereinander erst die Natron-, dann die Kalisalze abscheiden; welche letztere man z. B. in den Alaunfabriken verbraucht, während aus der Mutterlauge, mittelst Schwefelsäure und Braunslein, Jod abdestillirt wird. Die Lauge fand das Jod nur in denjenigen Küstenpflanzen, welche vom Meere noch erreicht oder wenigstens vom Winde mit Seewasser überspritzt werden, wie *Lichen confinis*, *Statice armeria* und *Grimmia maritima*; dagegen keine Spur in *Ramalia scopulorum* und *Salsola kali*, welche mehr landeinwärts stehen. Ohne Zweifel sind die Seetange die Hauptquellen der Jodverbindungen in der Asche.

Auch auf der Küste des Caspischen See's sowie auf der ägyptischen und syrischen Küste des Mittelmeers und in Sicilien wird Soda (Rochetta) erzeugt.

Die Potasche.

Ganz in demselben Verhältniß wie die Soda zum Natron, steht die Potasche zum Kali, einem chemischen Agens von ähnlicher gewerblicher Wichtigkeit, welches der Industrie in der Potasche, im Wesentlichen als kohlensaures Kali zugeführt wird. Nur wird die Potasche niemals durch chemische Umgestaltung eines anderen Kalisalzes, oder als fertig gebildetes Naturproduct gewonnen, sondern stets aus Pflanzenasche erzeugt. Es ist deshalb nothwendig, sich zuvor mit dem Wesen und der Natur der Asche vertraut zu machen, welche man überdies für diesen Fall ungleich gründlicher studirt hat, als bei den Seepflanzen. Aus diesem Grunde sind die im Folgenden enthaltenen Wahrheiten an jenem Orte (S. 237) nur eben allgemein angedeutet worden.

Die Wissenschaft, welche die Erforschung des Lebens und seiner Erscheinungen zur Aufgabe hat, belehrt uns zunächst, daß das pflanzliche Leben unter den Nahrungsmitteln der Gewächse gewisse erdige oder alkalische Bestandtheile aus dem Boden, — welche sonst dem Mineralreiche mehr eigenthümlich erscheinen und seine Masse bilden — ebenso bestimmt erheischen, nur in viel geringerer Menge, als den Kohlen-, Wasser-, Stickstoff &c., welche ihm durch Luft und auf anderen Wegen zukommen. Eben jene Bestandtheile: Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Eisenoxyd, Phosphor-, Schwefelsäure &c. sind in der That ursprünglich in den Gesteinen enthalten gewesen und durch den zerstörenden Einfluß der Atmosphäre, der Temperaturveränderung &c., kurz der Verwitterung, in einem mehr oder weniger aufgeschlossenen Zustande, gleichsam aus dem Bann der höchst innigen chemischen Bindung frei geworden und in den Trümmern verblieben, welche mit dem, was die Vegetation nach ihrem Absterben darin hinterläßt, der »Boden« genannt werden. Aus dieser Quelle haben also die Pflanzen diesen so unentbehrlichen Theil ihrer Nahrung zu schöpfen. Wie die aufgenommenen Mineralbestandtheile durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen zunächst verwendet werden, welche Rolle sie im lebenden Pflanzenkörper spielen, ist vor der Hand noch unenthülltes Geheimniß; nur soviel weiß man — und dies ist gerade hier das Wichtigste — daß ein sehr beträchtlicher Antheil der aufgenommenen Salzbasen in der Bindung vegetabilischer Säuren seine Verwendung findet. So wird Kali im Rebstock an Weinsäure, im Sauerklee an Kleeensäure, Kalk anderwärts an Apfelsäure &c. gebunden.

Die Asche.

Wenn nun Pflanzentheile, z. B. Holz, durch Feuer zerstört werden, so bleiben natürlich alle dem Boden entnommenen Mineralbestandtheile nach der Verflüchtigung der Verbrennungsproducte des Kohlen-Wasserstoffs &c., als feuerfest zurück. Dieser Rückstand heißt — gleichviel woraus er bestehen mag — »die Asche«. — Wie natürlich, werden alle Pflanzen(-säuren) stoffe, welche sich in der lebenden Pflanze mit Mineralbasen verbunden hatten, nichts destoweniger verbrennen und ihre Salze als Kohlensäure in der Asche wiedergefunden werden, insofern diese ihre Kohlensäure nicht in der Hitze verlieren, wie die Erden. — Im

Die Asche. Uebrigens gewährt die Art, wie man die Bestandtheile in der Asche mit einander verbunden und geordnet findet, ein sehr verzerrtes und erloschnes Bild von ihrem Zustande in der lebenden Pflanze, weil die Temperatur der Einäscherung sehr gewaltsame Zersetzungen und Neuverbindungen veranlaßt. Bis jetzt hat man im Allgemeinen als Basen: Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Eisen- und Manganoxyd, als Säuren: Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Chlor gefunden; dabei ist die Abwesenheit von Thonerde beständig beobachtet worden, welche sich von selbst aus der Unlöslichkeit der im Boden vorhandenen Thonerdeverbindungen erklärt, insofern sie dadurch gehindert werden, durch die Wurzeln einzutreten. —

Die außerordentliche Verschiedenheit in Gehalt und Menge der unter ungleichen Bedingungen erhaltenen Aschen stammt aus mehrfacher Quelle.

Wenn auch Abweichungen in diesen Punkten bei verschiedenen Pflanzenarten nicht befremden können, so ist es doch eine auffallende Thatfache, daß die Aschen zweier, einer und derselben Species angehörigen Individuen, selten ganz übereinstimmend zusammengesetzt sind und häufig bedeutend abweichen. Die hierüber angestellten Forschungen lassen nun kaum daran zweifeln, daß die Pflanzen, in Ermangelung des einen Bestandtheils im Boden, einen andern aufnehmen, der für sie seiner chemischen Wirkung nach gleichen Werth hat, und daß sich die Basen z. B. in ihren Functionen zu einem beständigen Werthe der Art ergänzen. Da nun der Wirkungswerth einer Base von ihrem Sauerstoffgehalt abhängig ist und danach bemessen wird, so müßten die Basen solcher Aschen — denjenigen Antheil abgerechnet, welchen die Mineralsäuren in Anspruch nehmen — zusammengenommen eine und dieselbe Sauerstoffmenge umfassen, was denn auch die Versuche, soweit sie reichen, mit großer Annäherung bestätigen. In einer Fichtenasche von einem gewissen Standort fand Saussure 3,6 kohlen-saures Kali, 46,34 kohlenf. Kalk und 6,77 kohlenf. Bittererde; in derselben Asche aber von einem andern Standort 7,36 kohlenf. Kali, 51,19 kohlenf. Kalk und keine Bittererde. In beiden Fällen ist der Sauerstoff der Säure in diesen Basen 9,0. — Die Asche eines Tabaks in der Gegend von Debreczin in Ungarn enthielt an Kohlensäure gebunden 43,91 Kali, 3,40 Natron, 41,79 Kalk und 10,9 Bittererde; die eines andern Tabaks derselben Gegend 42,03 Kali, 46,97 Kalk und 11,00 Bittererde ohne alles Natron. Der Gesamtgehalt an Sauerstoff in jenem Falle ist 24,27, in diesem 24,57. (Will u. Fresenius). —

Aber selbst bei dem nämlichen Individuum — wie leicht vorauszu-sehen — ist die Zusammensetzung der Asche, je nach den einzelnen Organen, denen sie entnommen worden, nicht dieselbe; denn in verschiedenen Organen herrschen andere Lebensverrichtungen, denen die Umgestaltung und Verarbeitung anderer Nahrungstheile und in anderer Menge zukommt, und selbst dieses wieder ungleich in verschiedenen Entwicklungsperioden und Jahreszeiten. So fand Saussure in den Blättern der Eiche vom 10. Mai 5,3, vom 27. Sept. 5,5 im Holz 0,2 in der Rinde 6,0, im Astholz 0,4, in der Astringe 6,0, im Bast 7,3 % Asche. Ferner bei der Pappel in den Blättern vom 26. Mai 6,6, vom 12. Sept. 9,3, im Holz des Stamms 0,8, in seiner Rinde 7,2. Ebenso im Holz der Weißbuche 0,6, im Splint 0,7, in der Rinde 0,7 % Asche. — Wie weit die Zusam-

menfetzung der Afche aus verschiedenen Theilen deffelben Baums verſchieden iſt, Die Afche. geht aus folgenden Beiſpielen zur Genüge hervor:

Hertwig.				Will u. Freſenius.		
	Tannenholz.	Tannenrinde.	Tannennadeln.		Roggen	
					Korn	Stroh
Kohlenſaures Natron	7,42	2,95	29,09	Kali	32,72	17,19
„ „ Kali	11,30			Natron	4,44	—
Chlornatrium	Spur	—		Kalk	2,91	9,06
Schwefelſ. Kali	„	—		Bittererde	10,12	2,41
Kohlenſ. Kalk	50,94	64,98	15,41	Eiſenorhd	0,82	1,36
„ Bittererde	5,60	0,93	3,89	Phosphorſäure	47,22	3,84
Phosph. Kalk	3,43	5,03	38,36	Chlornatrium	Spur	0,56
„ Bittererde	2,90	4,18		Chlorſalium	0,41	0,25
„ Manganoxydul	Spur	—		Schwefelſäure	1,46	0,82
baſ. phosph. Eiſenorhd	1,04	1,04		Kieſelerde	0,17	64,50
„ Thonerde	1,75	2,24	12,36			
Kieſelerde	13,37	17,28				

Endlich verdient bemerkt zu werden, daß ſich der Einfluß einer ungewöhnlichen Beſchaffenheit des Bodens zuweilen in der Zuſammensetzung der Afche deutlich abſpiegelt. Unter andern fand Böttiger in der Holzafche einer freilich kränkenden Fichte auf Doloritboden (in der Nähe eines Braunſteinbergwerks) 15 % Manganorhd, während im gefunden Holz deſſelben Baumes nur 2,7 angetroffen wurden *).

Im Allgemeinen, wie ſich auch aus dem Angeführten ergibt, liefern die krautartigen Pflanzen viel mehr Afche, als die Sträucher, welche wieder den baumartigen überlegen ſind. Bei dieſen iſt der Stamm (d. Holz) im Ganzen arm, die Aeſte und Zweige ſchon fühlbar ergiebiger; eine viel größere Ausbeute an Afche gewähren aber Rinde und Blätter. Sauffure fand in den geſchälten Aeſten 29mal, in der Rinde 30mal, in deren Baſt 36mal, im Splint 2mal und in den Blättern 36mal mehr Afche als im Eichenholz (S. 240.). Ebenſo bei der Weißbuche in dem Splint 1,1 mal, in der Rinde 22 mal mehr als im Holz. — Nach Hertwig iſt der Afchengehalt der Buchenrinde das 19fache von dem des Holzes; die Rinde der Tanne iſt (nach demſelben) 5,4 mal, die Nadeln 5,8 mal ſo reich als das Holz. — Noch deutlicher werden dieſe Verhältnisse aus der folgenden Zuſammenſtellung hervorgehen, welche diejenigen der vorhandenen Beſtimmungen enthält, die für die Potafchengewinnung von Intereſſe ſind.

*) In ähnlicher Art erhielt Sauffure aus blühendem Wicken von Ackerland 12 %, aus eben ſolchem in deſtillirtem Waſſer gezogen, nur 4 % Afche.

Die Asche.

Aschengehalte in 100 Theilen: Bäume.

Art		Karkten.	Verthier.	Mollerat.		Saufsure.	Münster.	Hertwig.	Will u. Bre- senius.
b. Gewächse.	b. Organe.								
Eiche	Holz	jung 0,15 alt 0,11	3,30	1,40	1,97	0,2	—	—	—
	Rinde	—	—	—	—	0,4	—	—	—
	Blätter	—	6,00	—	—	6,0	—	—	—
	(Holzkohle)	—	2,50	—	—	5,5	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	0,75	—	—
Rothbuche	Holz	jung 0,37 alt 0,40	—	0,612	0,58	—	—	0,38	—
	Rinde	—	—	—	—	—	—	6,62	—
	(Kohle)	—	3,00	—	—	—	1,25	—	—
Hainbuche	Holz	jung 0,32 alt 0,35	—	1,14	1,12	0,6	—	—	—
	Splint	—	—	—	—	0,7	—	—	—
	Rinde	—	—	—	—	13,4	—	—	—
	(Kohle)	—	2,65	—	—	—	—	—	—
Erlen	Holz	jung 0,35 alt 0,40	—	1,39	—	—	—	—	—
Birken	Holz	jung 0,25 alt 0,30	1,00	1,07	—	—	—	—	—
	(Kohle)	—	—	—	—	—	0,80	—	—
Kiefer, P. picea	Holz	—	—	1,68	—	—	—	—	—
	Saamen	—	—	—	—	—	—	—	4,47
	Kohle	—	—	—	—	—	1,11	—	—
Tanne, T. abies	Holz	jung 0,22 alt 0,25	—	—	—	—	—	—	—
	Rinde	—	—	—	—	—	—	1,78	—
	Nadeln	—	—	—	—	2,90	—	2,31	—
	(Kohle)	—	1,24	—	—	—	1,44	—	—
Fichte, P. syl- vatica	Holz	jung 0,12 alt 0,15	0,83	1,80	—	1,19	—	—	—
	Nadeln	—	—	—	—	2,60	—	6,25	—
	Saamen	—	—	—	—	—	—	—	4,98
	(Kohle)	—	—	—	—	(Zweige) 1,50	1,38	—	—
Linde	Holz	—	—	—	—	—	—	—	—
	(Kohle)	0,40	5,00	1,45	—	—	3,55	—	—
Happel	Holz	—	—	1,306	1,24	0,80	—	—	—
Ulme	Holz	—	—	2,28	—	—	—	—	—
Esche	Holz	—	—	2,30	—	—	—	—	—

Asche in 100 Theilen: Sträucher.

Hollunder	1,64	Verthier	Flieder	1,16	Mollerat	Ginster	1,62	Mollerat
"	1,39	Mollerat	Berberitzen	0,71	"	Hauhechel	1,66	"
Hafel	0,50	Saufsure	Wachholder	1,84	"	Brombeere	0,76	"
Heidelbeere	2,60	"	Heckenrosen	0,71	"	Befenginster	1,48	"
" "	0,68	Mollerat	Heide	1,41	"	Sumach	1,71	"

Asche in 100 Theilen: krautartige Gewächse.

Die Asche.

Kartoffelstroh 15,00 Berthier	Weizenstroh 4,40 Berthier	Farrenkraut 5,00 Pertuis
» Blätter 1,15 Mollérat	» » 7,00 Boussingault	Platanenblätter 9,22 Abbene
Erbfenchstroh 5,05 Hertwig	» » 4,30 Gausfure	» » Äste 2,30 »
» » 11,30 Boussingault	Roggenstroh 0,30 Karsten	Alfazien 2,46 »
» » 8,10 Gausfure	» » 3,60 Boussingault	Reben 4,66 »
Faserstroh 5,10 Boussingault	Maiststroh 12,20 Gausfure	Traubenkämme 8,89 »
Resseln 10,67 Pertuis	Rohrstengel 1,70 Karsten	Traubenmark 7,29 Stengini
Distel 4,03 »	Farrenkraut 2,75 »	» v. c. and. Ort 3,57 »
Binsen 4,33 »	» » 2,90 Mollérat	

Welche Bestandtheile in der Asche angetroffen werden, ist bereits im Allgemeinen angeführt worden. Die Basen sind nun darin mit den Säuren so verbunden, daß sich das Ganze als ein Gemenge von Salzen der Alkalien, Erden und schwereren Metalloxyde darstellt, eine Verbindungsweise, welche so, wie sie sich vorfindet, weit mehr von der Hitze bei der Einäscherung, als gerade von der Lebensthätigkeit der Pflanze herrührt. Wird die Asche mit Wasser behandelt, so findet eine wichtige Trennung statt: Alles schwefelsaure, salzsaure (auch etwas kiesel-saures) und besonders kohlen-saure Alkali — also das eigentlich Werthvolle, der Alkaligehalt — wird gelöst, während die Kohlen-, phosphor- und kiesel-sauren Erden zurückbleiben. Bei der Zerlegung der Aschen hat man deshalb nie ver-säumt, das Verhältniß des löslichen zu dem nichtlöslichen Antheil, d. h. ihren Werth für den Potaschenfieber jedesmal zu bestimmen. Die besten Untersuchun-gen rühren, was die älteren betrifft, von Berthier, die neueren von Fresco-nius, Hertwig, Böttinger u. A. her.

Nach Berthier.

	Bestandtheile in 100 Th. Asche.	Weißkuchen- holz	Weißkuchen- kohle	Rothkuchen- kohle	Eichenholz	Eichenkohle	Eichenrinde
in Wasser löslicher Theil.	Kohlensäure		4,43	3,65	2,88	4,39	1,45
	Schwefelsäure		1,30	1,19	0,97	0,90	0,37
	Salzsäure		0,83	0,85	0,01	0,62	0,04
	Kiesel-säure		0,18	0,16	0,02	0,15	0,05
	Kali		9,12	10,45	8,11	9,43	4,33
	Natron		2,14				
	Zusammen	19,22	18,00	16,30	12,0	15,5	6,25
	Kohlensäure	26,92	24,43	27,53	34,99	26,91	37,22
	Phosphorsäure	8,11	7,22	4,77	0,71	6,27	—
	Kiesel-säure	4,05	3,20	4,85	3,36	1,52	1,03
in Wasser unlöslicher Theil.	Kalk	31,31	35,75	35,66	48,41	39,95	47,78
	Magnesia	6,33	5,70	5,86	0,53	7,15	0,75
	Eisenoryd	1,30	0,08	1,25	—	0,09	—
	Manganoryd	2,76	5,70	3,77	—	2,60	6,98
	Zusammen	80,78	82,08	83,70	88,0	84,5	93,75

Bestandtheile
der Asche.

		Eichenholz	Birkenholz	Erlenholz	Tannenholz	Tannentafel	Nichtenholz	
in Wasser	löslicher Theil	Kohlensäure	2,96	2,72	— —	7,76	7,34	2,89
		Schwefelsäure	0,81	0,37	1,24	0,80	3,75	1,67
		Salzsäure	0,19	0,03	0,06	0,08	— —	0,92
		Kieselsäure	0,17	0,16	— —	0,26	1,09	0,18
		Kali	6,55	12,72	— —	15,32	4,41	3,53
		Natron	— —	— —	16,80	22,55	— —	— —
	Zusammen		10,8	16,0	18,8	25,7	50,0	13,6
	unlöslicher Theil	Kohlensäure	35,75	26,04	25,17	17,17	10,75	32,77
		Phosphorsäure	2,51	3,61	6,25	3,14	0,90	0,91
		Kieselsäure	1,80	4,62	4,06	5,97	6,50	4,19
		Kalk	46,53	43,85	40,76	29,72	13,60	38,51
		Magnesia	1,97	2,52	2,03	3,28	4,35	9,56
		Eisenoryd	0,09	0,42	2,92	10,53	11,15	0,09
		Manganoryd	0,54	2,94	— —	4,48	2,75	0,36
	Zusammen		89,2	84,0	81,2	74,3	50,0	86,4

		Mauleberholz	Nußbaumholz	Hollunderholz	Weizenstroh	Kartoffelstroh	Barrenkraut	
in Wasser	löslicher Theil	Kohlensäure	5,82	3,11	7,71	Gyur	0,26	4,35
		Schwefelsäure	2,09	0,78	2,06	0,20	0,97	1,62
		Salzsäure	1,01	0,08	0,13	1,31	0,50	3,19
		Kieselsäure	— —	0,08	0,06	3,53	— —	— —
		Kali	13,16	11,27	21,54	5,05	2,47	19,84
		Natron	2,91	— —	— —	— —	— —	— —
	Zusammen		25,0	15,4	31,5	10,1	4,2	29,0
	unlöslicher Theil	Kohlensäure	31,75	32,33	22,06	— —	— —	17,96
		Phosphorsäure	1,36	4,19	5,83	1,08	— —	5,68
		Kieselsäure	2,19	3,67	2,25	73,36	36,4	15,48
		Kalk	34,85	37,06	34,57	5,72	— —	30,39
		Magnesia	3,48	3,84	1,76	— —	— —	0,50
		Eisenoxyd	0,38	3,50	0,08	2,42	— —	0,50
		Manganoxyd	0,98	— —	1,26	7,25 Kali	— —	0,50
	Zusammen		75,0	84,6	68,5	89,9	95,8	71,0

Nach Hertwig

Bestandtheile
der Asche.

		Buchenholz	Bucheneinde	Fichtennadeln	Wohnstroh	Erbsenstroh	Kartoffelstroh
in Wasser	löslicher Theil	Kohlensaures Kali .	11,72		13,32	4,16	—
		„ „ Natron	12,37	10,72	16,06	8,27	—
		Chlornatrium . . .	Spur		0,28	4,63	schwefels. Natron
		Schwefelsaures Kali	3,49	1,95	3,24	10,75	
		Kieselsaures „	—	3,90	—	—	Chlornatrium 2,28
	Zusammen	27,77	3,02	12,70	32,91	27,82	6,97
	unlöslicher Theil	Kohlens. Kalk .	49,54	64,76	63,32	47,81	48,68
		Bittererde . . .	7,74	16,90	1,86	4,05	3,76
		Phosphor. Kalk	3,32	2,71	6,35	5,15	
		„ „ Bittererde	2,92	0,66		4,37	5,73
		bas. „ „ Eisenoryd.	0,76	0,46	0,88	0,90	1,30
		„ „ Thonerde.	1,51	0,84	0,71	1,20	2,75
		„ „ Manganoryd	1,59	—	—	—	—
		Kieselerde	2,46	9,04	10,31	7,81	29,81
	Zusammen	72,23	96,98	86,30	65,97	72,18	93,03

Fresenius		Wöttinger			
Roggenstroh		Rothbuchenholz	Fichtenholz *) (P. sylvestris)		
in Wasser	löslicher Theil	Kieselsaures Kali . . .	6,88	Chlor . . .	0,133 . . . 0,89
		Schwefels. " . . .	1,75	Kieselsäure . . .	1,459 . . . 3,03
		Chlorcalcium . . .	0,25	Schwefelsäure . . .	1,351 . . . 1,94
		Chlornatrium . . .	0,56	Phosphorsäure . . .	3,065 . . . 5,20
		Kieselsaurer Kalk . . .	4,19	Eisenoryd . . .	0,803 . . .
		Magnesia . . .	0,76	Kalk . . .	63,244 . . . 31,67
		Phosphorsaurer Kalk . .	2,50	Bittererde . . .	11,270 . . . 19,71
		" " Magnesia . . .	1,28	Kali . . .	15,794 . . . 2,77
		" " Eisenoryd . . .	1,57	Natron . . .	2,877 . . . 16,61
		" " Manganorydul . .	Spur	Manganorydorydul — . . .	18,13
		19,47		(nach Abzug der Kohlensäure)	
	unlöslicher Theil	Kieselsaures Kali . . .	9,21	In einem einzigen Fall, nämlich in den Körnern einer Gerste aus der franz. Schweiz, hat man bis jetzt Fluor als Aschenbestand- theil beobachtet. —	
		" " Kalk . . .	3,43		
		" " Magnesia . . .	1,16		
		Phosphorsaures Eisenoryd	1,63		
		" " Manganorydul . .	Spur		
(Kohle)		0,94			
		80,26			

Chlor . . .	0,133	. . .	0,89
Kieselsäure .	1,459	. . .	3,03
Schwefelsäure	1,351	. . .	1,94
Phosphorsäure	3,065	. . .	5,20
Eisenoryd .	0,803	. . .	
Kalk . . .	63,244	. . .	31,67
Bittererde .	11,270	. . .	19,71
Kali . . .	15,794	. . .	2,77
Natron . .	2,877	. . .	16,61
Manganorydorydul	—	. . .	18,13

(nach Abzug der Kohlensäure)

In einem einzigen Fall, nämlich in den Körnern einer Gerste aus der franz. Schweiz, hat man bis jetzt Fluor als Aschenbestandtheil beobachtet. —

*) Von einem franken Stamm; vergl. S. 241.

Welche Pflanzen
benutzt
werden.

Es leuchtet von selbst ein, daß sämtliche Aschenbestandtheile in demselben Grade werthvolle Elemente des Düngers — nämlich im weiteren Sinne alles desjenigen sind, was man dem Ackerland zur Erhaltung und Vermehrung seiner Fruchtbarkeit einverleiben muß, als sie der Pflanzenwelt unentbehrlich erscheinen. In der Landwirthschaft, wo man immer mehr mineralische Bodenbestandtheile in der Ernte und den Erzeugnissen überhaupt wegnimmt, als der Boden in derselben Zeit aus sich selbst zu ersetzen vermag (durch fortschreitende Verwitterung), ist es darum nothwendig, die fraglichen Stoffe dem Acker, so weit es möglich ist, (im Dünger) wieder zurückzugeben. Der ganze Gewinn z. B., den man durch Potascheseiben aus der Asche des Unkrautes von urbarem Lande erzielen könnte, würde mit anderen Worten ein ebenso großer, der Ergiebigkeit des Bodens zugefügter Schaden sein. — Anders verhält es sich mit der Forstwirthschaft, welche bekanntlich dem Waldboden nicht mehr durch den Holzschlag wegnimmt, als derselbe von Natur und ohne Zuthun von Menschenhänden nachzubringen vermag.

Dem Versieden der Asche des Brennholzes zu Potasche stehen mithin keine höheren Gründe entgegen, während man zu gleichem Behuf andere Pflanzen nur dann verwenden sollte, wenn die Zwecke der Landwirthschaft nicht damit im Widerstreit sind *). In weniger bevölkerten Gegenden, wie im Norden Europa's und den Ver. Staaten, ist das Holz so im Ueberfluß und so wohlfeil, daß man dasselbe lediglich um der Asche willen verbrennen kann. Ebenso verfährt man in Rußland mit dem Stroh und Unkraut, weil dort der Dünger sehr wenig Werth hat. Bei uns geschieht dagegen die Aschengewinnung nur nebenbei aus dem Holze, was man in den Feuerungen verbrennt. Außerdem werden Hefe und Weintrestern in den Weinländern, ferner die Rückstände der Branntweimbrennereien im nördl. Frankreich (Valenciennes) und endlich Kraut und Stengel der Indigopflanze, nach Abscheidung des Farbestoffs, in Java als treffliches Material für Potasche benutzt.

Aschen-
gewinnung
aus Weinhefe.

Die Hefe, welche man in ein gemeinschaftliches Gefäß sammelt, wenn der Wein vergohren hat und abgezogen ist, läßt man vollends abgihen, um sie von dem Rest des Weines zu trennen. Es bleibt ein zäher Schlamm, welcher zu $\frac{1}{3}$ Centr. etwa in Säcke gebracht und abgepreßt wird. Die Preßkuchen müssen nach dem Herausnehmen krumm gebogen werden, damit sie in der Sonne nachher rasch und vollständig austrocknen können; dies ist eingetreten, wenn sie spröde und zerreiblich erscheinen. Das Verbrennen dieser Hefenziegel geschieht auf einem tennartigen oder gepflasterten Boden, welcher — um die Asche besser zusammen zu halten, von einem lose aus Ziegelsteinen aufgesetzten Mauergerüst umgeben wird. Dieses ist anfangs niedrig und wird in dem Maße erhöht, als die Asche sich anhäuft. Zuerst zündet man in der Mitte ein Reissigbündel an und

*) In diesem Sinn ist Hermstädt's Vorschlag wegen des Anbaues von Wermuth zur Potaschengewinnung nicht so unbedingt zu befolgen, obgleich diese Pflanze mit schlechtem Boden vorlieb nimmt. Nach H. eigenen Erfahrungen nämlich liefert der Magd. Morgen (= 18000 Q. F.) in einem Sommer durch einen 3maligen Schnitt 20000 Pfd. trocknes Kraut, welches 2364 Pfd. Asche und daraus 936,6 Pfd. Potasche liefert, was 11,8 % des Krautes von jener und 4,7 % von dieser ausmacht.

legt einige Hefenbrode hinzu, zu welchen man sogleich neue hinzufügt, wenn sich die ersten in Gluth befinden und fährt damit fort, solange noch Vorrath vorhanden. Hierbei kommt es darauf an, das Feuer so zu nähren, daß alles vollständig verbrennt, ohne daß aber eine zu heftige Flamme Aschentheile mit fortweht, oder zu viel Alkali verflüchtigt. Die Einsäherung von 1000 Hefenziegeln, welche 60 Etr. wiegen, liefert durchschnittlich 10 Etr. Asche von vorzüglicher Güte. Eine ähnliche, nicht ganz so werthvolle Waare liefern die Weintrestern.

Der Name *Waidasche*, womit die Kaufleute ursprünglich diese, aber auch im Allgemeinen die besseren Sorten Asche (Potasche) auszuzeichnen, oder die geringeren über ihren Werth anzubringen strebten, rührt daher, daß die Blaufärber immer die besten Potaschen zur Anstellung der *Waidküpen* aufkauften.

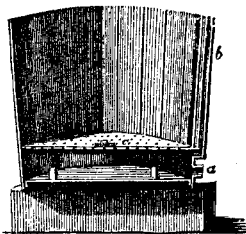
Aus dem Norden, von Schweden z. B., pflegte man sonst unter dem Namen *Dhras* oder *Dkras* eine rohe, besonders zubereitete Asche in den Handel zu bringen. Man suchte zu diesem besonderen Zweck hauptsächlich alte, abgestandene Bäume aus. Das in Scheiter gespaltene Holz wurde an Ort und Stelle, an einem gegen Wind geschützten, tiefgelegenen Platz bei möglichst gelindem Feuer niedergebrannt und die Asche — nachdem vorher Kohlen, Brände, Steine u. ausgelesen worden — unter einer Hütte zusammengebracht. Sobald nun eine hinreichende Quantität vorhanden, fing man an, eine Art roher Calcination damit vorzunehmen. Diese begann damit, daß der Arbeiter durch allmäligen Zusatz von Wasser und unter stetem Umkrücken aus der ganzen Masse einen Teig, gleichsam einen steifen Mörtel formte, der alsdann mit Fichtenholz in einen Scheiterhaufen geschichtet ward. Auf eine Lage am Boden geordneter Scheiter trug man eine Schichte von diesem Teig auf, darauf ward eine zweite Lage Scheiter, aber in's Kreuz gelegt, dann eine neue Schichte Aschenteig u. s. f., bis derselbe gänzlich untergebracht war. Nach dem Anzünden dieses mehrere Klaster hohen Haufens, wobei man das Feuer möglichst zu steigern suchte, kommt die Asche in's Glühen und in Fluß; wenn dieser überall eingetreten, so rissen die Arbeiter den Haufen vollends um und bearbeiteten die geflossene Masse mit Stangen, woran sie sich nach dem Erkalten größtentheils anhängt. Sie sieht schlackenartig und bläulich aus.

Gegenwärtig bringt man keine Asche oder rohe Masse, wie sie hier beispielsweise erwähnt wurde, sondern nur eigentliche Potasche in den Handel. Dieselbe wird dadurch gewonnen, daß man die löslichen Theile der Asche (worin alles kohlenf. Kali und Natron) durch Wasser abscheidet, die gebildete Lauge eindampft und die übrigbleibende Salzmasse ausglüht. Die Potaschengewinnung.

Das Auslaugen ist in seinen Grundsätzen dem der rohen Soda (S. 233.) ähnlich, aber roher in der Ausführung. Die Bottiche, welche dazu nöthig sind, verschafft man sich meist dadurch, daß man Theertonnen durch den Spund in zwei Hälften schneidet. Eine Anzahl derselben sind mit einem eingelegten Kreuz versehen, worauf ein, mit einer Schichte Stroh bedeckter falscher (Sieb-) Boden ruht und erhalten unterhalb desselben einen Zapfen *a*; diese heißen die »Aescher« Fig. 103. a. f. S. Um der Lauge später das Abfließen in den Zwischenraum zwischen beiden Böden zu erleichtern, ist es gut, gleich anfangs für das Entweichen der Luft daselbst, durch ein Rohr *b* zu sorgen. — Die Aescher stehen in Das Auslaugen.

einer doppelten Reihe übereinander; in einer hinteren auf einem Gerüste und einer vorderen auf Lagerhölzern. Mit beiden gleichlaufend bilden leere, zum größeren Theil ihrer Höhe

Fig. 103.



in die Erde eingelassene Bottiche „die Sumpfe“, eine dritte, die vorderste Reihe. — Zur Beschickung der Ascher ist es durchaus nothwendig, die Asche durch Abstreifen von Kohlen und Bränden zu befreien (welche man unter der Feuerung benutzt) und vorher durch und durch anzufeuchten, weil das Laugenwasser sonst sehr ungleichförmig hindurchbringen würde. Wenn alle Ascher beider Reihen mit feuchter Asche beschickt sind, welche man zur Vermeidung leerer Zwischenräume gleichmäßig auf das Stroh festdrückt, so nimmt das

Auslaugen mit einer Portion frischen Wassers in dem vordersten Ascher der obersten Reihe seinen Anfang. Dieses wird natürlich in der frischen Asche, wenn es aus *a* abgeflossen, eine starke Lauge bilden, welche man darum, als siedewürdig, sogleich in den Kessel zum Eindampfen bringt. Mittlerweile empfängt der nämliche erste Ascher — welcher noch keineswegs erschöpft ist — ein zweites Wasser; es entsteht eine zweite, viel schwächere Lauge, welche darum unmittelbar auf den darunter befindlichen ersten Ascher der zweiten Reihe gelassen wird, woraus sie ebenfalls siedewürdig zum Vorschein kommt. Für das dritte Wasser sind die beiden vorderen Ascher schon zu schwach und es erhält seine Siedewürdigkeit, nachdem es dieselben passiert hat, erst auf einem dritten frischen Ascher (dem zweiten der obersten Reihe) u. s. f., so daß das neu aufgegoßene Wasser zuletzt stets auf frische Ascher gelassen wird. Während die hinteren Ascher im Gang sind, entleert man die vordersten zur frischen Beschickung.

Weil auf diese Weise immer einige Ascher zum Fertigmachen der Lauge frisch beschickt stehen, so erhält man nur siedewürdige Lauge (von 20 — 25 % Salzgehalt), und weil man so lange Wasser auf dieselbe Asche gießt, als dieses noch etwas aufnimmt (Urdomet. = Grade zeigt), so geht nichts Lösliches, keine Potasche verloren. Durch Auslaugen mit kaltem Wasser würde das schwefelsaure Kali größtentheils zurückbleiben; theils um das Gewicht der Potasche zu vermehren, theils weil für viele Anwendungen der Kaligehalt jenes Salzes mitwirkt, zieht man es vor, das Wasser heiß anzuwenden, oder das Auslaugen wenigstens gegen Ende mit heißem Wasser fortzusetzen.

Das eben beschriebene, einfache und zweckmäßige Verfahren, welches z. B. in Blansko in Mähren gehandhabt wird, ist nicht so allgemein befolgt, als man wünschen sollte. Im Odenwald und Hinterland (Großh. Hessen) unter anderen hat das mangelhafte Auslaugen eine beträchtliche Verschwendung an Brennstoff zur Folge. In der zuletzt genannten Gegend versiedet man z. B. so armhaltige Laugen, daß man 60 Stunden feuern muß, um durch Eindampfen 70 — 100 Pfd. und oft weniger rohe Potasche zu erhalten.

Die gußeisernen Eindampfkessel sind am besten flach und pfannenartig, weil diese Form bei größerer Berührungsfläche mit dem Feuer, auch eine größere verbundene Oberfläche bietet, weil sie dem Arbeiter mehr Raum zum Heraus schlagen der Salzmasse gewährt und dabei der Boden an mehr Punkten unterstützt ist.

Für die Feuerung ist eine Einrichtung ähnlich der bei den Salzpfannen (S. 221.) Eindampfen. die zweckmäßigste, wobei man mit Vortheil die entweichende Flamme unter eine Vorwärmpfanne leitet, um mehr Brennstoff zu ersparen. Aus dieser speist man alsdann die Eindampfpfanne.

Das Abdampfen geschieht anfangs rasch und unter fortwährendem Ersetzen des verdunsteten Wassers durch siedewürdige Lauge so lange, bis zuletzt der Inhalt der Pfanne dickflüssig, syrupartig geworden und eine herausgenommene Probe dieser nunmehr „gahren“ Lauge rasch zu einer krystallinischen Masse erstarrt. Alsdann sperrt man allen Zufluß ab und trocknet die gahre Lauge unter mäßigem Feuer vollends ein. Es bleibt auf diese Art eine schwarzbraune Salzmasse von etwa 6 % Wassergehalt zurück, welche fest auf den Boden aufbrennt. Die Farbe rührt von brenzlichen Stoffen her, welche schon der Lauge die gelbbraune Beschaffenheit ertheilten. Es bleibt nun noch übrig, die „rohe Potasche“ oder den „Fluß“ mit Hacke oder Meißel aus der Pfanne herauszuschlagen, worauf das Eindampfen von vorn beginnt. Um jene Operation zu umgehen, bewerkstelligt man auch wohl das Eintrocknen der gahren Lauge unter unausgesehtem Umrühren, wodurch die Salze verhindert werden, an den Boden oder Pfannenbord anzubacken — eine nicht weniger mühsame Arbeit, die eine Salzmasse von wenigstens doppelt so großem Wassergehalt liefert, aber wesentlich zur Schonung des Kessels beiträgt.

In Rußland werden gegenwärtig zwei Sorten Potasche erzeugt, nämlich: aus Holzasche, besonders in den Gegenden jenseits der Wolga, in den Gouv. Nischnei-Nowogrod und Kasan; ferner aus der Asche des Stroh und der Steppenpflanzen, welche aus dem Süden kommt und nur 10 % geringhaltiger ist. Die Lieferung von Asche gehört daselbst zu den Verpflichtungen der Bauern gegen den Grundbesitzer; das Verfahren wird deshalb auf den Gütern zwar sehr in's Große, aber roh und dabei etwas abweichend betrieben. Die Asche (aus den Feuerungen und durch Verbrennung des Unkrauts erhalten) wird zweimal ausgezogen und die Lauge in flachen kupfernen Kesseln durch Strohfeuer, nicht zur Trockne, sondern vorläufig nur auf den Krystallisationspunkt gebracht, um dann in hölzerne Bottiche gezapft zu werden. Darin schießt unreines kohlenf. Kali in braunen Krystallen an, welche nach dem Abtropfen in Muffelöfen calcinirt werden (s. unten). Die Mutterlauge kommt in die Sümpfe zurück. — In jenem Lande macht sich nämlich das zum Heizen verwendete Stroh und Reisig schon durch die bloße Asche bezahlt, welche es hinterläßt. —

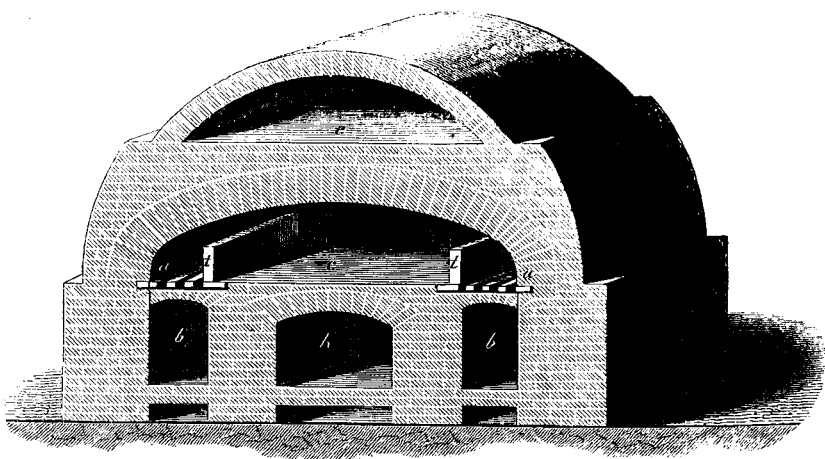
Der nach dem Auslaugen der Asche bleibende Rückstand ist außer seiner Anwendung in den Hütten zu grünem Boucillenglas, auch durch seinen Gehalt an phosphorsauren Salzen, als Düngmittel von Bedeutung. Wenn derselbe eine Zeit lang der Luft ausgesetzt wird, so zerfällt die Kohlensäure derselben das kiesel-saure Kali und man erhält durch Auslaugen ein zweites Mal, aber viel weniger, kohlensaures Kali *).

*) Nach einer alten Erfahrung soll alte, abgelagerte Asche mehr Kali ausgeben. Auch suchte man sonst den Kaligehalt durch das sog. „Keimen“, zu vermehren, nämlich durch Ausbreiten der durchgeseihten und angefeuchteten Asche auf einem ebenen Steinpflaster, wo dieselbe mehrere Monate hindurch unter wiederholtem Anfeuch-

Dem Werthe der löslichen Aschensalze (d. Potasche) und ihrer Anwendung ist es ohne Zweifel bei weitem entsprechender — wie denn auch hie und da geschieht — wenn man aus der, durch Erschöpfung der Asche gewonnenen siedewürdigen Lauge, das schwerlösliche schwefelsaure Kali durch Eindampfen und Erkaltenlassen abscheidet und dann zwei Erzeugnisse, nämlich dieses Salz und eine bessere Potasche, getrennt in den Handel bringt, während jetzt das schwefelsaure Kali bei den vielen Consumenten, welche dessen nicht bedürfen und ihre Potasche reinigen (s. u.), zerstreuet wird und dadurch für die Alaunsieder u. a. an Werth verliert.

Die rohe Potasche enthält, wie bemerkt, noch Wasser und brenzliche Stoffe, welche durch Ausglühen, das sog. »Calciniren«, beseitigt werden müssen. Der Potasche-Calciniröfen, Fig. 104. unterscheidet sich von den gewöhnlichen Flamm-

Fig. 104.



öfen durch die doppelte Feuerung (mit den Rosten *a, a* und dem Aschenfall *b u. b*) welche durch zwei eiserne schmale Platten (Feuerbrücken) *t t* von dem 3—4 Fuß breiten Arbeitsraum (Calcinirherd) getrennt werden. Der Raum *h* dient nur zum besseren Trockenhalten der Soole *c* und um Steine zu ersparen. Ebenso ist das Gewölbe *e* nicht wesentlich und kann zu einem beliebigen Zweck benutzt werden. Die Luft, welche den Ofen speist, tritt durch den Aschenfall *b* und die Roste *a* zum Brennstoff und erzeugt daselbst eine Flamme, welche über die Feuerbrücken *t, t* in den Calcinirherd schlägt. Damit diese gehörig lang und lebhaft wird, muß man trocknes und kleingespaltenes Holz anwenden. Vor dem Einsetzen muß der Ofen angeheizt, d. h. soweit erwärmt werden, bis er vollständig ausgetrocknet ist und nicht mehr mit Feuchtigkeit beschlägt. Deshalb ist es rathsam, den Ofen zwischen den aufeinander folgenden Operationen gar nicht kalt werden zu lassen, weil das häufige Anwärmen viele Kosten verursacht.

tens und öfterem Umrühren liegen blieb. Beides findet wohl in dieser Zersetzung seine Erklärung. —

Sobald der Ofen der Glühhitze nahe gekommen, bringt man die rohe, zerschlagene Potasche zu 3—4 Entr. auf den Calciniirherd und breitet sie sorgfältig aus. Je nachdem die Masse nun mehr oder weniger Krystallwasser enthält, ist ihr Verhalten verschieden, indem dieses unter mehr oder weniger lebhaftem Aufschäumen entweicht und, wenn zu viel, die Behandlung erschwert, insofern in diesem Falle die Hitze nur sehr allmählig gesteigert werden darf. Durch Umrühren sucht man die gleichmäßige Entwässerung zu befördern. Nach Verlauf einer Stunde etwa ist alles Wasser entwichen und die Zeit, wo durch verstärktes Feuer die Masse in's Glühen kommen muß, damit die in den Ofen streichende Luft die brennbaren, färbenden Theile gehörig verzehren kann. Die Potasche fängt in dieser Periode Feuer, brennt mit einer schwachen Flamme und färbt sich durch Kohlung jener Theile schwarz, wird aber bald heller und heller, bis zuletzt eine gezogene Probe weiß und kohlenfrei erscheint. Meistens hängt sich auf der Ofensohle eine Kruste fest. Um diese abzulösen braucht man sie nur gegen die Flamme bloßzulegen, wodurch sie erweicht und leicht weggenommen werden kann. — Die weiß calcinirte Asche wird alsbald ausgezogen und nach dem Erkalten, aber ehe sie an der Luft feucht wird, in dichte Fässer gepackt. Die rohe Potasche soll im Ofen 15—20 % an Gewicht verlieren.

Wenn durch unvorsichtiges Feuern die Masse vor der Zerstörung der färbenden Stoffe zum Schmelzen kommt, so werden diese von dem geschmolzenen Salz so umhüllt, daß sie nur zerseht, aber die zurückbleibende Kohle nicht verbrannt und die Potasche also nicht weiß werden kann. Glücklicher Weise ist das kohlen saure Kali sehr strengflüssig und der erwähnte Uebelstand kann nur dann eintreten, wenn die Asche reich an Chlormetallen war, welche schon bei beginnender Rothglühhitze in Fluß kommen.

Die calcinirte Potasche ist eine harte, aber leichte, poröse körnige Salzmasse, deren weiße Farbe bald in's Perlgraue, Gelbliche oder Bläuliche zieht. Einzelne Stücke zeigen oft blaue und rothe Flecken auf dem Bruch. Die rothe Färbung rührt von Eisenoryd, die graue von eingemengten Kohlentheilchen und die blaue davon her, daß sich durch Einwirkung des Alkali's auf das Manganoxyd mangansaures Kali in geringer Menge gebildet hat.

Die käufliche Potasche löst sich niemals vollständig in Wasser auf; bisweilen bleibt ein merklicher Bodensatz, bisweilen nur leichte Flocken in geringer Menge zurück; es rührt dies zum Theil von dem unvollständigen Abseihen der Lauge durch die Strohschichte der Ascher, ganz besonders aber von dem Calciniren her, wobei durch die Flamme immer etwas rohe Asche auf die Potasche geweht wird. Folgendes sind die bis jetzt beobachteten Bestandtheile der Potasche:

Im löslichen Theil: Neutral kohlen saures Kali, schwefel saures Kali, Chlorkalium, kiesel saures Kali, welche stets angetroffen werden; dazu kommen zuweilen: neutral kohlenf. Natron, phosphor saures Kali, Schwefelkalium, mangansaures Kali, doppeltkohlen saures Kali, Aeskali und organische Stoffe *).

Bestandtheile
der calcinirten
Potasche.

*) Das von Preuß beobachtete Vorkommen des Jods in der Moselpotasche bedarf weiterer Bestätigung. —

Bestandtheile
der calcinirten
Potasche.

Im unlöslichen Theil findet sich stets Kieselsäure und zuweilen: kiesel-saurer und phosphorsaurer Kalk, kohlen-saurer Kalk, phosphorsaure und kohlen-saure Bittererde, Eisenoryd, Manganorydul, Thonerde und endlich Sand und Kohle.

Das Natrium rührt wahrscheinlich von zugesetztem gelöschtem Kalk her und kommt nur in der Amerikan. Potasche vor. Schwefelkalium dagegen wird in der Potasche dadurch erzeugt, daß die beigemengten organ. Stoffe einem Theil des schwefelsauren Kali's seinen Sauerstoff entziehen. Die Spuren vom doppelt-kohlen-saurem Kali, welche hie und da vorgekommen sind, können nur durch Aufnahme der Kohlensäure der Luft von Seiten des einfach kohlenf. Kali's bei längerem Lagern entstanden sein. Die Anwesenheit der übrigen Stoffe erklärt sich aus der Vergleichung der Aschenanalysen, S. 243., von selbst. Auch darf man nicht übersehen, daß Potaschensieder oft das Gewicht ihrer Waare auf Kosten ihrer Güte durch Einmengen von Chlorkalium — welches in der Unterlauge beim Seifensieden gewonnen wird — auch Sand u. dgl. betrügerisch zu vermehren suchen.

Hermann fand die Kasan'sche Potasche nach einer vollständigen Analyse in folgender Weise zusammengesetzt.

im löslichen Theil	im unlöslichen
Kohlensäure 27,790	
Kali 47,455	
Natron 2,730	Kalk 0,054
Schwefelsaures Kali . 17,062	Thonerde . . . 0,012
Chlorkalium 3,965	Mangansaure . 0,013
Bromkalium Spur	Kieselerde . . . 0,132
Phosphorsaures Kali . 0,443	0,211
Kieselsäure 0,344	99,789
99,789	100,000

Im Handel werden die verschiedenen Potasche-Sorten meist, entweder nach der Gegend ihres Ursprungs oder nach dem Weg ihrer Versendung unterschieden; so: Amerikanische, Russische, Deutsche, Mosel-, Illyrische, Sächsische, Böhmische, Danziger, Heidelberger Potasche; selten nach Farbe und Ansehen, wie Perl-asche.

Zu gewissen Zwecken, besonders zum pharmaceutischen Gebrauch, stellt man sogenannte »gereinigte Potasche«, sal tartari, d. h. eine Potasche dar, welche möglichst von allem Unlöslichen und dem nicht an Kohlensäure gebundenen Alkali befreit ist. Entweder zieht man die käufliche Potasche alsdann mit einem gleichen Gewicht kaltem Wasser aus, seigt die Lauge durch und dampft sie zur Trockne ein, eine Arbeit, welche man auch wohl mit der erhaltenen Salzmasse wiederholt; oder man löst die Potasche in 2 Th. kochendem Wasser und stellt die filtrirte und stark eingedampfte Lösung zum Erkalten hin, damit das schwefelsaure Kali herausfällt. Die abgessene Lauge wird weiter eingedampft und abkühlen gelassen, worauf das weiße kohlenf. Kali in Krystallen anschießt, welche man abtropfen läßt und eintrocknet.

Im ersten Falle enthält die gereinigte Potasche fast alles Chlorkalium und viel kiesel-saures Kali: im andern Falle nur geringe Menge von beiden. —

Ermittelung des Werthes der Soda und Potasche.

(Alkalimetrie.)

Der Werth dieser beiden Erzeugnisse in den Gewerben ist von der Größe ihrer Leistung als chemisch wirksamen Stoffen abhängig; diese Leistung beruht aber lediglich auf demjenigen Gehalt an Alkali, welcher durch andere Stoffe nicht stärker gebunden ist, als es die chemisch-gewerblichen Zwecke voraussetzen, der also gleichsam dafür disponibel ist. Bis auf wenige vereinzelte Fälle — welche theils im Vorhergehenden schon berührt sind, theils im Folgenden noch erwähnt werden — ist dieses der an Kohlensäure gebundene Theil des Alkali's. Der Werth einer Soda ist demnach nichts anderes, als die Menge des im kohlens- sauren Natron enthaltenen Natrons; der einer Potasche: die Menge des Kali's in dem entsprechenden Salze.

Durch eine eigentliche, in aller Form angestellte chemische Analyse ließe sich zwar die Menge des Natrons oder Kali's am sichersten ermitteln, wenn eine solche durch Umständlichkeit, die erforderliche Geübtheit und die Kostspieligkeit der Hülfsmittel, dem praktischen Gewerbsmann und Fabrikanten nicht so gut wie unzugänglich wäre. In diesem Sinn ist der Industrie — durch die Angabe von Verfahrensweisen, welche kurzer Hand, ohne erhebliche Kosten zu verursachen, und ohne eine besondere Übung und Geschicklichkeit anzusprechen, nichtsdestoweniger mit hinreichender Genauigkeit die Bestimmung des Kali- oder Natrongehalts möglich machen — von den Chemikern ein wesentlicher Dienst geleistet worden.

Weil sich nun die Wirkung irgend einer stärkeren Säure, z. B. Schwefelsäure, allein auf diejenigen Salze erstreckt, oder doch beschränken läßt, auf welche es bei der Verwendung der Potasche oder Soda ankommt, also auf die kohlens- sauren Alkalien, so sind deshalb die bekannten alkalimet. Methoden auf die Zersetzung jener (eigentlich also der kohlens. Alkalien darin) durch eine solche Säure begründet und die Wahl des Mittels immer auf die Schwefelsäure, als eine Säure gefallen, welche mit einer kräftigen Wirkung große Wohlfeilheit verbindet, allenthalben leicht zu haben ist und durch Nichtflüchtigkeit bei gewöhnlicher Temperatur hinreichende Sicherheit beim Abwägen oder Messen gewährt. In der That wird die Kohlensäure aus ihren Salzen durch die Schwefelsäure vollständig abgeschieden. Wie natürlich, werden dabei die stöchiometrischen Verhältnisse, so wie bei jeder Zersetzung oder Bindung überhaupt, ihre volle Geltung besitzen. In Folge dieser Gesetze bedarf man 1 Aeq. Schwefelsäurehydrat ($\text{SO}_3, \text{H}_2\text{O}$) = 613,64, um 1 Aeq. Kali (KO) = 589,9 in 1 Aeq. kohlens. Kali (KO, CO_2) = 864,9 zu schwefelsaurem Kali und 1 Aeq. Natron (NaO) = 390,9 in 1 Aeq. kohlens.

Begriff
dieses
Werthes.

principale
alkalime-
trie.

Princip der Alkalim.

Natron (CO_2NaO) = 665,8 zu schwefelsaurem Natron zu binden, wobei jedesmal 1 Aeq. Kohlensäure (CO_2) = 275,0 ausgeschieden wird; oder:

100 Th. Kali erfordern zur Neutralisation	104,2 Schwefelsäurehydrat
100 Th. Natron erfordern	156,9 Th. " " "
100 Th. kohlenf. Kali bedürfen	70,95 Th. " " "
100 Th. kohlenf. Natron "	92,15 Th. " " "
entsprechen 1 Th. abgesch. Kohlensäure	3,145 Th. kohlenf. Kali
1 " " "	2,420 Th. " Natron.

Bei den älteren Methoden, ist der Maassstab, womit man den Werth der Potasche oder Soda bemisst, die Menge Schwefelsäurehydrat, welche man anwenden muß, um alle Kohlensäure auszutreiben; diese Idee ist zuerst von Richter ausgegangen, nachher von dem Franzosen Decroizilles 1806 praktisch angewendet und zuletzt durch Gay-Lussac's Verbesserungen in eine dem Zweck mehr entsprechende Form gebracht worden.

Die neuere Methode von Will und Fresenius nimmt dagegen die Menge der Kohlensäure zum Maassstab, welche durch Schwefelsäure kann ausgetrieben werden.

Gay-Lussac's Verfahren.

Es gehört wesentlich zu den Eigenthümlichkeiten des Verfahrens von Gay-Lussac und seinen Vorgängern, daß alle Wägungen dabei, soweit es thunlich, in Messungen verwandelt werden; auch wird man leicht einsehen, daß die Zuverlässigkeit dieser Probe zumeist von der Genauigkeit abhängt, mit welcher der Gehalt der zur Sättigung bestimmten verdünnten Säure — der Probefäure — an reinem Schwefelsäurehydrat hergestellt wird. — Gay-Lussac erreicht dieses durch sorgfältiges Abwägen von 100 Grm. reiner Schwefelsäure von 1,8427 sp. G. (bei 15°) und 962,09 Grm. Wasser *), welche nach geschehener Mischung und Abkühlung (auf 15°) genau den Raum von 1000 Grm. destillirtem Wasser, oder 1000 C. C. = 1 Litre einnehmen. — Zur Ausführung einer Probe füllt man das Meßglas, welches von unten nach oben in 100 halbe C. C. getheilt ist, bis zum obersten Theilstrich, also dem Nullpunkt, mit Probefäure an. Da diese die Stärke von 100 Grm. Schwefelsäurehydrat in 1000 Raumtheilen hat, so umfassen die $\frac{100}{2}$ C. C. des Glases mithin genau 5 Grm. Säure, welche

zu Folge des angegebenen Gesetzes eine äquivalente Menge, nämlich 4,807 reines, wasserleeres Kali zur Sättigung erfordern. Gerade soviel, nämlich 4,807 wiegt man nun von der zu untersuchenden Masse ab; wäre diese reines Kali, so würde man natürlich alle 100 Raumtheile der Probefäure genau aufbrauchen, enthielte sie die Hälfte reines Kali, so wären 50 R. Th., wenn ein Viertel, 25 R. Th. nöthig, kurz es werden stets soviel p. St. reines Kali vorhanden sein, als man Raumtheile Säure verbraucht.

*) Um dem Praktiker diese Wägungen zu ersparen, find den alkalim. Geräthschaften von G. & L. zwei Glasfolben beigegeben, von denen der eine bis an einen Theilstrich am (engen) Halse bei 15° gerade 54,268 C. C. (= 100 Grm.) solcher Schwefelsäure, der andere, bis an eine ähnliche Marke gerade 1000 C. C. faßt. Wenn nun der Inhalt des ersteren in den zweiten gegossen und mit destillirtem Wasser auf 1000 C. C. ergänzt wird, so hat man ebensoviele Säure von gleicher Stärke, der Vorsicht halber setzt man die Säure allmählig erst zu einem Theil des Wassers — nicht umgekehrt — und ergänzt alsdann auf 1000 C. C.

Bei der Probe auf Natron hat man ebenfalls ein Aequivalent von 5 Grm. Säure, nämlich genau 4,187 Grm abzuwiegen.

Gay-Lussac's Verfahren.

Kleine Mengen, wie 3 oder 4 Grm., lassen sich nicht gut auf einer gewöhnlichen Waage abwägen, ohne einen störenden Irrthum zu begehen; deshalb empfiehlt Gay-Lussac, statt dessen 10mal soviel, also 48,07 Potasche, oder 31,87 Soda zu nehmen — ein Gewicht, welches der Empfindlichkeit der Waagen angemessener ist — und in so viel Wasser zu lösen, daß das Ganze genau 500 C. C. beträgt. Wenn davon mittelst eines Stechhebers gerade $\frac{1}{5}$ zur Probe herausgenommen wird, so enthält dieses jene 4,807 Grm. ungleich genauer. Ein Glas in 500 C. C. getheilt und ein Stechheber mit einer 50 C. C. anzeigenden Marke müssen besonders dazu vorhanden sein *).

Der Verbrauch an Raumtheilen Probefäure wird auch dann noch ohne weitere Rechnung Procente angeben, wenn man die Säure so abgleicht, daß das Meßglas 104,2 Schwefelsäurehydrat für Kali oder 156,9 für Natron enthält, und den jedesmaligen Versuch mit 100 G. Th. Potasche oder Soda vornimmt.

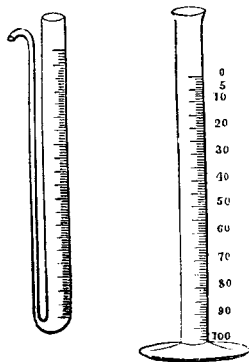
Reine Schwefelsäure, wie solche nach Gay-Lussac erforderlich, ist nicht Jedermann zur Hand und kann nicht von jedem Gewerbsmann dargestellt werden. Es läßt sich aber auch, wie Otto gelehrt und eingeführt hat, die gewöhnliche englische Schwefelsäure mit gleichem Vortheil benutzen, wenn ihre Sättigungsfähigkeit bekannt ist. Diese wird durch einen vorläufigen Versuch für einen Säure-Vorrath ermittelt, welcher dann auf viele Proben ausreicht. Ein solcher Versuch ist nichts anderes als eine umgekehrte Prüfung der vorläufig mit etwa 12 Theilen Wasser verdünnten Säure durch ein Alkali, oder was dasselbe ist, ein kohlensaures Alkali von bekannter Reinheit; dazu ist das trockne kohlensaure Natron am geeignetsten, welches nach dem Glühen des reinen doppeltkohlen sauren Salzes zurückbleibt. Ist davon so viel abgewogen, als 100 Th. reinem Kali entspricht, also 112,8 G. Th., so ist es gerade so gut, als ob man mit kohlen saurem Kali arbeite, welches nur ungleich schwieriger rein und trocken zu beschaffen ist. Es ist nun nichts anderes nöthig, als die, vorher mit etwa 12 Th. Wasser verdünnte käufliche Schwefelsäure in das Probeglas zu bringen und (unter den nachher zu erwähnenden Vorsichtsmaßregeln) zu bestimmen, wieviel Raumtheile (Grade) zur vollständigen Zersetzung der 112,8 G. Th. kohlenf. Natrons gehören. Genau soviel Raumtheile werden nun 104,02 Th. Schwefelsäurehydrat umfassen und in dem Probeglas mit Wasser zu 100 R. Th. ergänzt, eine Probefäure von gleichem Werthe mit der Gay-Lussac'schen sein, d. h. jeder, zur Sättigung von 100 Th. kalihaltiger Substanz verbrauchte Grad, wird $\frac{1}{100}$ Kali darin anzeigen. — Dieselbe Säuremenge (zu 104,02 Hydrat) ist genau ausreichend, um 66,3 G. Th. Natron zu zerlegen, wird also auch für jeden Grad $\frac{1}{100}$ Natron angeben, wenn man die Probe mit 66,3 G. Th. der natronhaltigen Substanz vornimmt.

Die Meßgläser, $\frac{1}{2}$ Zoll weite in 100 gleiche Raumtheile zertheilte Glas-

*) Daß für die Einrichtung des Apparates jedes andere Maaß und Gewicht als französisches, denselben Zweck erfüllt, bedarf kaum der Erwähnung.

Gab = Luft =
fac's Berz-
fabren.

röhren, sind entweder, wie Fig. 105 mit einer seitlichen besonderen Röhre zum Austropfeln, was die Vorrichtung bequem aber zerbrechlich macht, oder einfach, Fig. 105. n. Fig. 106. Fig. 106. mit einem Fuß zum Stehen versehen und



alsdann für das leichtere Ausgießen erst einige Zoll vom ausgeschweiften Rande an abwärts getheilt.

Die Ausführung der Proben macht eine besondere Erörterung nothwendig. Zunächst hat man sein Augenmerk auf die stets ungleiche Beschaffenheit (besonders der Potasche) zu richten, wenn der Versuch den mittleren Kaligehalt einer Sendung ergeben soll. Am besten entnimmt man Stücke aus verschiedenen Theilen der Masse, reibt diese durcheinander und wägt daraus die Probe ab. Sollte diese soviel unlösliche Theile enthalten, daß dadurch ein merklicher Einfluß auf das Volum der Lösung zu fürchten steht, von welcher man den 10ten Theil

anzumessen hat, so bleibt nichts anderes übrig, als vorher zu filtriren und gut auszuwaschen, was z. B. bei Prüfung der Holzasche stets geschehen muß. In diesem Falle ist es, beiläufig bemerkt, rathsam, wegen des geringen Alkaligehaltes, zur Probe das doppelte Gewicht zu nehmen und das Resultat zu halbiren.

Bei Hinzugeben von Schwefelsäure entweicht die ausgeschiedene Kohlensäure nicht sogleich, sondern bildet mit den noch unzersehten Antheilen Alkali doppeltkohlensaures Salz, so lange, bis die Zersetzung die Hälfte desselben überschritten hat und die Flüssigkeit mit Kohlensäure gesättigt ist, wo sie unter heftigem Aufbrausen weggeht. Diese Erscheinung wird indessen gegen Ende so unmerklich, daß man daran durchaus nicht scharf erkennen kann, ob die Sättigung vollendet ist, oder nicht. Und doch hängt vom genauen Erfassen des Sättigungspunktes die Richtigkeit des Versuchs ab. Deshalb hat man die Beihülfe einer blauen Pflanzenfarbe, der *Lacmusinctur* nothwendig, welche anfangs unverändert bleibt, aber, wenn man $\frac{11}{20}$ der Sättigung erreicht hat, also von da an, wo die Zersetzung des doppeltkohlensauren Alkali's beginnt und freie Kohlensäure auftritt, weinroth und ganz zuletzt nach geschehener Sättigung, schon durch einen kleinen Ueberschuß von Schwefelsäure zwiebelroth gefärbt wird. Bis zum Erscheinen der weinrothen Farbe kann man die Probefäure keck zufügen, nachher aber nur vorsichtig und gegen Ende, wenn die Kohlensäure nur noch unter schwachem Perlen entweicht, zweitropfenweise ($\frac{1}{4}$ Raumtheil), bis sie gänzlich aufhört. In diesem Zeitpunkte wird das Urtheil über die Farbe durch die freie Kohlensäure gestört, welche in der Flüssigkeit aufgelöst ist. Um nun zu entscheiden, ob die entstandene Röthung davon, oder schon von freier Schwefelsäure stammt, macht man nach jedem Zusatz mit einem eingetauchten Glasstab einen Strich auf Lackmuspapier. Sobald ein Ueberschuß von Schwefelsäure vorhanden, bleibt dieser nach dem Trocknen roth, nicht so im Gegentheil. Man hat nun von der verbrauchten Säure diesen Ueberschuß, d. h. so viel Viertel-Raumtheile abzuziehen, als man bleibend rothe Striche hat.

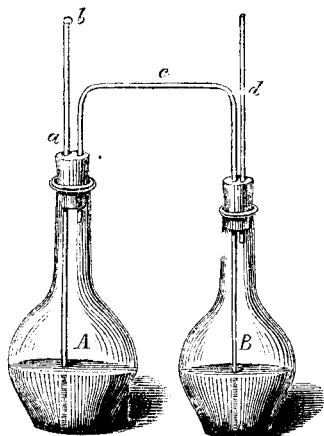
Weil außerdem die Wirkung der Säure auf das Lackmuspapier, durch das gebildete schwefelsaure Kali, erfahrungsmäßig eine kleine Verzögerung erleidet, so bringt man noch ein weiteres Viertel in Abzug.

Der Einfluß der Schwefelsäure auf Schwefelnatrium, schweflig- und unterschwefligsaures Natron, welche besonders in der künstlichen Soda häufig vorkommen, so wie auf Schwefelkalium, ist ganz derselbe wie auf die kohlen sauren Alkalien; sie tragen aber zu dem Werthe der Soda nichts bei. Es wird also eine Probe in diesem Fall einen höheren, als der wirkliche Werth, geben; eine Täuschung, welche (nach G.-L.) umgangen werden kann, wenn eine derartige Probe vorher mit chlorsaurem Kali geglüht wird. Hierbei wird dieses zu Chlorkalium, indem sein Sauerstoff die genannten Verbindungen zu schwefelsauren Salzen oxydirt, ohne das kohlen saure Alkali anzutasten; nur die unterschweflige Säure ($S_2 O_2$) giebt alsdann 2 Aeq. Schwefelsäure, von denen das eine einen entsprechenden Antheil kohlen saures Alkali zersetzt und den Gehalt mithin verringert. Der entgegengesetzte Einfluß, welchen die kiesel sauren und phosphor sauren Salze auf die Probensäure und mithin auch auf die Probe selbst ausüben, kann ebensowenig verhindert werden. Aus diesen Gründen ist die Prüfung der rohen Soda mittelst des Alkalimeters sehr unsicher.

Die Möglichkeit, den Alkaligehalt aus der Menge der Kohlen säure zu bestimmen, beruht darauf, daß in der Potasche und Soda nur neutrale kohlen saure Alkalien vorkommen, so daß jeder einzelne G. Th. ausgetriebener Kohlen säure mit Zuverlässigkeit 2,145 reinem und 3,145 kohlen saurem Kali, oder 1,421 G. Th. reinem und 2,421 kohlen saurem Natron entspricht. Der Einfachheit halber geschieht die Bestimmung dieser Kohlen säure aus dem Gewichtsverlust, welchen die mit Säure und allem Zubehör abgewogene Vorrichtung durch die Austreibung dieser Säure erleiden. Diese Art zu Werke zu gehen macht weiterhin zur Bedingung, daß auch nur Kohlen säure allein und nichts anderes mit entweiche; wenn auch von Seiten der übrigen Stoffe kein Verlust droht, so wird doch diese flüchtige Säure aus einer wässrigen Lösung stets mit Wasserdampf gesättigt weg-

Probe nach
Will und
Fresenius.

Fig. 107.



gehen. Wie dieser Uebelstand in dem Apparat von Will und Fresenius auf eine sinnreiche Art vermieden und noch oben drein die nothwendige Erwärmung der Flüssigkeit durch denselben nebenbei und ohne Feuer besorgt wird, geht aus seiner Einrichtung Fig. 107. von selbst hervor. A ist ein größerer Kolben, von ungefähr 2 Unzen Gehalt, worin die Zersetzung vor sich geht, B ein etwas kleinerer für concentrirte englische Schwefelsäure. Beide sind zur Aufnahme der drei Röhren a, c u. d mit doppelt durchbohrten Korken versehen. Die Röhre a gehört dem Kolben A allein an und taucht darin unter den Spiegel der Flüssigkeit; ebenso gehört d dem Kol-

Probe nach
Will und
Fresenius.

ben *B* an, reicht aber nur eben durch den Kork. Das Rohr *c* endlich mündet auf der einen Seite in dem leeren Hals von *A*, um nach einer zweimaligen Biegung mit dem andern Ende in die Schwefelsäure in *B* einzutauchen. Die Mündung von *a* ist während des Versuchs mit einem Wachsstopf verschlossen, so daß dem ganzen Apparat überhaupt keine andere Oeffnung, als die Mündung von *d* bleibt.

Zum Abwiegen der Probe und des Apparats bedient man sich einer gewöhnlichen Apothekerhandwaage. Es gehört nämlich zu den eigenthümlichen Vorzügen desselben, daß man damit den Versuch in merklich größerem Maßstabe ausführen kann, als bei gewöhnlichen Analysen in der Regel möglich ist. Dadurch gewähren diese wohlfeilen Waagen, wenn sie nur auf $\frac{1}{6}$ Gran noch Ausschlag geben, eine ebenso große Genauigkeit, als die zu wissenschaftlichen Zwecken bestimmten Instrumente, welche wenigstens das 20fache kosten; um so mehr, da sich etwaige Ungenauigkeiten, welche aus der ungleichen Länge der Arme u. hervorgeht, sehr leicht dadurch unschädlich machen lassen, daß man das Gewicht beim wirklichen Auswiegen stets auf die nämliche Waagschale an die Stelle des vorher durch eine Tara in's Gleichgewicht gebrachten Gegenstandes legt. —

Zu einer Probe wiegt man mehrere Gramme der vorher über Feuer vollkommen trocken gemachten Potasche oder Soda in ein kleines Blech- oder Porzellan-Gefäß ab, bringt dieselbe mit Hülfe eines glatten Kartenblattes in den Kolben *A* und spült das Gefäß mit so viel Wasser nach, daß dieser etwa auf $\frac{1}{3}$ gefüllt wird, worauf man den Apparat durch den Wachsstopf schließt, um ihn auf der Waage durch Tariren in's Gleichgewicht zu bringen. — Die Zersetzung kann nunmehr vor sich gehen und wird dadurch in Gang gebracht, daß man mit dem Mund an dem Rohr *d* etwas Luft aussaugt. Diese tritt nicht allein aus *B*, sondern auch aus *A* aus, weil beide Kolben durch *c* in Verbindung stehen; man sieht daher Luftblasen von *A* her durch die Schwefelsäure streichen. So wie man den Mund von *d* entfernt, wird die äußere Luft sich mit der innern verdünnten in's Gleichgewicht setzen, was in Bezug auf *A* nur dadurch geschehen kann, daß ein Theil der Schwefelsäure in *B*, durch *c* hinübergedrückt wird. Die Kohlensäure, welche nun unter Aufbrausen und Erwärmung der Flüssigkeit in *A* entweicht, hat keinen andern Ausweg, als durch das Rohr *c* in den Kolben *B*, um von da durch die übrige Schwefelsäure und das Rohr *d* in's Freie zu gehen. Eben diese Schwefelsäure verdichtet nun mit großer Kraft allen Wasserdampf und hält außerdem noch alles zurück, was der Gasstrom durch Verspritzen aus *A* etwa zu entführen droht. Nach mehrmaliger Wiederholung dieses Vorganges ist die Zersetzung beendet. Es bleibt nun ein Antheil Kohlensäure in dem Raum des Apparates, der vorher mit Luft erfüllt war, ein anderer Antheil bleibt in der mittlerweile kalt gewordenen Salzlösung zurück. Beide müssen vor dem Nachwiegen entfernt werden. Zu dem Ende bewirkt man durch Saugen an dem Rohr *d* wie anfangs, das Uebertreten von so viel Schwefelsäure auf einmal, als nöthig ist, um eine starke Erwärmung in *A* hervorzubringen, wodurch die aufgelöste Kohlensäure entweicht und mit derjenigen, welche sonst noch in dem Apparat vorhanden geblieben, leicht entfernt werden kann. Es

genügt nämlich, durch Hinwegnahme des Wachspropfes *b* die Mündung von *a* zu öffnen und alsdann bei *d* eine Zeitlang Luft durch die Kolben zu saugen, bis diese alle Kohlensäure vor sich her ausgetrieben hat. Auch in diesem Falle wird alle Feuchtigkeit, welche durch die Luft aus *A* mit fortgenommen wird, in der Schwefelsäure in *B* zurückbleiben. Ist die ganze Vorrichtung erkaltet und auf die Waage zurückgebracht worden, so ergibt sich die Menge der weggegangenen Kohlensäure aus der Größe des Gewichts, welches man zur Herstellung des Gleichgewichtes dem Apparate zulegen muß.

Da nach oben 3^s,145 trocknes kohlen-saures Kali gerade 1^s Kohlen-säure enthalten, so erfährt die Berechnung des Gehaltes an diesem Salz nach Procenten aus dem Resultat eine sehr große Vereinfachung, wenn man jedesmal 3^s,145 Potasche der Probe unterwirft, weil alsdann jeder Centigramm entwischener Kohlensäure natürlich 1 % kohlen-saures Kali anzeigt; nimmt man aber $2 \times 3,145 = 6^s,29$, wie es wegen des größeren Maßstabes anzurathen ist, so wird 1 % von je 2 Centigrm. angegeben. In demselben Sinne muß man $2 \times 2^s,42 = 4^s,84$ Soda nehmen.

Wie leicht zu ermessen, ist die Gegenwart aller Salze, welche von der Schwefelsäure zwar zerlegt werden, aber keine flüchtige Säure entwickeln, für die Genauigkeit des Versuchs vollkommen gleichgültig. Nicht so der Schwefelmetalle*), der schweflig- und unterschwefligsauren Salze, von denen jene Schwefelwasserstoff, das vorletzte schweflige Säure und das letztere unterschweflige Säure entwickelt, die sogleich in Schwefel und schweflige Säure zerfällt. Es könnte also überhaupt Schwefelwasserstoff oder schweflige Säure entweichen, welche als Kohlensäure in Rechnung gebracht, den Gehalt an Kali (Natron) irthümlich erhöhen würden. Dem wird sehr einfach durch Zusatz von etwas neutralem (gelbem) chromsauren Kali vorgebeugt, welches beide flüchtige Säuren zu Schwefelsäure und Wasser umwandelt und mit beiden und dem Schwefel als schwefelsaures Chromoxyd zurückbleibt.

Findet sich in dem unlöslichen Theil einer Potasche kohlen-saure Erden, so muß die Lösung filtrirt und der Rückstand gut ausgewaschen werden, wie bei dem Probiren der Asche und rohen Soda ohnehin jedesmal geschehen muß.

Ein entgegengesetzter Fehler, welcher bei der Gay-L. Probe von selbst verbessert wird, kann durch das Vorhandensein von Aeskali oder Aegnatron*) entstehen. Da diese nämlich keine Kohlensäure entwickeln, so bleiben sie bei dem beschriebenen Apparat in der Angabe des Werthes ausgeschlossen, wozu sie doch

*) H. Rose hat neuerdings dargethan, daß das Schwefelnatrium und das Aegnatron in der rohen Soda, ein und derselben Ursache ihre Entstehung verdanken. Diese Ursache ist die Zersetzbarkeit des Schwefelcalciums durch Wasser. Ein Antheil dieses Schwefelmetalles zerfällt nämlich mit den Elementen des Wassers in Kalderdehydrat und Schwefelwasserstoff, welcher letztere mit einem anderen unzersehtgebliebenen Antheil zu Schwefelwasserstoff-Schwefelcalcium zusammentritt. Beide Zerlegungsprodukte entstehen bei dem Auslaugen der rohen Soda und wirken sogleich auf das aufgelöste kohlen-saure Natron in der Art ein, daß das Kalderdehydrat und das Schwefelwasserstoff-Schwefelcalcium zu kohlen-saurem Kalk werden, indem jenes einen Antheil in Aegnatronhydrat, dieses in Schwefelwasserstoff-Schwefelnatrium verwandelt. Durch Berührung mit der Luft (durch Drydation) geht aus dem letzteren die höhere Schwefelungsstufe des Natriums hervor, welche sich in der Mutterlauge findet.

Probe nach
Will und
Fresenius.

sowohl bei Potasche als bei Soda ebenso gut beitragen, als die kohlensauren Alkalien. Es reicht übrigens zu dem Ende hin, die Probe vorher feucht mit kohlensaurem Ammoniak zu mengen und bei starker Hitze einzutrocknen, wodurch alles Aeskali kohlensauer wird. Ist ein Schwefelalkalimetall zugegen, wie es in der rohen Soda reichlich der Fall ist, so befeuchtet man das Gemenge anstatt mit Wasser, mit kauftischem Ammoniak. Die Menge des Aeskali's oder Aeknatrons läßt sich mittelst des Apparates Fig. 107. wenn auch nicht sehr genau bestimmen, was mit dem Gay-L.'schen in keiner Weise möglich ist. Dazu gehören zwei Versuche, der eine mit der Probe ohne weiteres, der andere aber nach der Behandlung derselben mit kohlensaurem Ammoniak ausgeführt. Aus dem Unterschiede der jedesmal gefundenen Kohlensäure läßt sich alsdann das vorhandene Aeskali oder Natron berechnen.

Streng genommen sind die alkalimetrischen Proben durchaus nicht als Analysen auf den Kali- oder Natrongehalt, sondern allein als Messungen zu betrachten, welche die Größe der Wirkung einer Asche, Potasche oder Soda auf Säuren mit Genauigkeit zu erkennen geben. Denn wenn beide Alkalien nebeneinander vorkommen — wie denn bei der Potasche und zwar aus den mitgetheilten Aschenanalysen zu schließen, ein Natrongehalt häufiger statthat, als man bisher angenommen — so wird dies von den Alkalimetern beider Art weder der Menge nach ermittelt, noch überhaupt angezeigt. Wenn nun auch bei der Mehrzahl vorkommender Gelegenheiten die Kenntniß jener allgemeinen Wirkungen genügt, so ist es doch nicht selten ebenso wünschenswerth z. B. den wahren Kaligehalt einer Potasche genau zu kennen.

Man darf nicht übersehen, daß der bloße Alkaligehalt, wie dieser auch gefunden sein mag, keine sichere Kenntniß von dem Werthe einer Potasche oder Soda giebt, weil beide, ganz besonders aber die erstere, während des Transportes und der Lagerung Feuchtigkeit anziehen. Darum ist es unumgänglich, neben der alkalimetrischen Probe immer den Verlust zu bestimmen, den eine bekannte Menge davon durch Trocknen erleidet.

Gehalt der
Soda und Pot-
asche.

Das Zumessen der Säuren nach Gay-Lussac's Methode gewährt allerdings den Vortheil, daß kleine Gew. Mengen Säure in einem verhältnißmäßig großen Raum enthalten und also an einer langen Scala abgelesen werden, allein die hieraus entspringende Genauigkeit erleidet durch die fremden Salze mit flüchtigen Säuren entweder starken Abbruch (bis zu einigen Procenten) oder es werden doch zu deren Beseitigung dem Praktiker Vorrichtungen angemuthet, welche viele Vertrautheit mit der praktischen Chemie voraussetzen, wenn kein Verlust dabei stattfinden soll. Auch ist die richtige Erfassung des Sättigungspunktes nach der Farbenänderung des Lackmus keineswegs leicht und setzt viele Uebung voraus. Dasselbe gilt von der Anfertigung der Probefäure in noch höherem Grade, in dem alles von der Genauigkeit derselben abhängt.

Es ist deswegen sehr wahrscheinlich, daß die weiteren Erfahrungen über den neuerdings angegebenen Apparat von Will und Fresenius sich zu Gunsten seiner größeren Brauchbarkeit für den weniger Geübten entscheiden werden.

Im Folgenden sind die alkalimetrischen Untersuchungen einiger Sodaarten und Potaschen nach Will und Fresenius zusammengestellt.

Sodaarten.

Gehalt der Soda und Potaschen.

	p. Ct. kohlenfau- res Natron	p. Ct. Wasser	Natrium	Schwefelna- trium	Natron	
					schweflig- saures	unterschwef- ligsaures
Gelbe, calcinirte niederl.	83,5	24	wenig	feins	viel	viel
Weisse, desgleichen	42,8	4	feins	—	—	—
Dieusé Soda, schön weiss *)	78,9	4	2,14	—	—	—
Casseler, weiss	84,5	un-	3,0 bis 5,2	—	etwas	etwas
Englische	76,8	be-	2,7 — 4,7	wenig	—	viel
Weisse calcin. von Büchner u. Wilkins in Darmstadt	91,6	stimmt	—	—	wenig	—
Soda von Debregzin	89,2	15,6	—	—	—	—
Weisse calcin. von Wessen- feld u. Comp. in Barmen	99,9	8	—	—	—	—

Keine der untersuchten Sorten enthielt im unlöslichen Rückstand kohlen-
saure Erden.

Potaschen.

Sorten	p. Ct.		Sorten	p. Ct.	
	trocknes kohlenf. Kali	Wasser		trocknes kohlenf. Kali	Wasser
Böhmische	94,6	10	Sächsische	61,2	9,3
Ägyptische I.	95,9	7,6	Heidelberger P. von		
Ägyptische II.	93,8	14	Fries	68,0	1

Mittelsst des Gay-Lussac'schen Alkalimeters ist der Gehalt der nachste-
henden Potaschen an reinem Kali durchschnittlich folgendermaßen befunden
worden.

*) Diese im Handel sehr hochgeschätzte Sorte soll nach einer andern Analyse von
Penot 53 % tr. kohlenf. Natron und 22 % Natrium enthalten (!).

Gehalt der
Soda und Pot-
aschen.

	Grade		Grade
Americianische 1ste Sorte .	54 — 58	Potasje von Kasan . . .	54 — 55
" 2te " "	48 — 52	Pelnische	55 — 60
" 3te " "	25 — 42	von Riga	30 — 50
Pot. v. New-York 1ste Sorte	55 — 60	Toscianische 1ste Sorte . .	50 — 55
" " " 2te " "	25 — 45	" 2te " "	55 — 60
" " " 3te " "	25 — 40	" 3te " "	50 — 55

Acidimeter.

Es liegt nahe genug, daß die beschriebenen Alkalimeter durch Umkehren des Verfahrens ebenso gut zur Prüfung im Handel vorkommender Säuren benutzt werden, mithin als Acidimeter dienen können.

Die herkömmliche Art und Weise, den Werth der Schwefelsäure, Salzsäure u. nach dem sp. G., oder was ganz dasselbe ist, nach Graden eines Aräometers (gewöhnlich des Beaumé'schen) anzugeben und zu ermitteln, wird ihrer Einfachheit halber schwerlich je verdrängt werden. Es ist dies bei concentrirten Säuren um so weniger wahrscheinlich, weil für diese die Angabe des Aräometers hinreichend genau sind. Bei verdünnten Säuren dagegen, wie im Essig z. B. sind die, der verschiedenen Stärke entsprechenden Unterschiede im eigenth. Gew. so gering, daß sie auf das Aräometer nur sehr undeutlich wirken. Die Angaben dieses Werkzeuges sind aber um so trügerischer, weil in der Regel noch andere Stoffe wie Extractivstoff, Salze, Alkohol u. gleichzeitig vermehrend oder vermindernd auf das Gewicht einwirken.

Für solche Fälle ist alsdann der Apparat von Will und Fresenius sehr geeignet. Die Stärke einer Säure wird darin durch das Gewicht der Kohlen-säure angegeben, welche eine vorher bestimmte Menge jener Säure auszutreiben vermag. Man wendet am besten dazu an der Luft getrocknetes doppeltkohlen-saures Natron an, weil dieses Salz unter allen ähnlichen am meisten Kohlen-säure enthält. Dabei ist es gleichgültig, ob es vollkommen trocken ist und fremde Salze enthält oder nicht, wenn unter den letzteren nur kein einfachkohlen-saures Salz, z. B. des Natrons, sich befindet, wovon es leicht durch Auswaschen mit kaltem Wasser befreit werden kann.

Nachdem man die zu prüfende Säure in den Kolben *A* Fig. 107. abgewogen und mit Wasser verdünnt hat, füllt man ein kurzes, unten zugeblasenes, fingerhutför-miges Glasröhrchen mit doppeltkohlen-saurem Natron (im Ueberschuß) und hängt dieses an einem Seidenfaden, den man zwischen Kork und Kolbenhals klemmt, so in dem Kolben auf, daß Säure und Salz vorläufig nicht mit einander in Berührung kommen. In *B* ist wie gewöhnlich concentrirte Schwefelsäure. In diesem Zustand wird der Apparat mit der Tara in's Gleichgewicht gebracht, worauf man durch rasches Lösen und Wiedereinsetzen des Korks die besagte Röhre in die Säure fallen läßt. Durch Umschütteln läßt sich die Zersetzung beschleunigen. Ist diese vorüber, so muß noch die in der Flüssigkeit aufgelöste Kohlensäure entfernt werden, was natürlich nicht durch Hinübersaugen von concentrirter Säure aus *B* geschehen darf. Darum setzt man den Kolben *A* einige Minuten in heißes Wasser und saugt nachher wie gewöhnlich so lange Luft durch den Appa-

rat, bis alle Kohlensäure ausgetrieben ist, um denselben abzutrocknen und nach dem Erkalten nachzuwiegen.

Jedes Aequivalent weggegangener Kohlensäure entspricht einem Aequivalent wasserfreier Säure, oder Hydrat der probirten kauslichen.

Der Borax.

Das Salz, welches unter diesem Namen *) allgemein verkauft und gebraucht wird, ist das zweifach borsaure Natron ($\text{NaO}, 2\text{BO}_3$), welches, je nachdem es mit 5 oder 10 At. Krystallwasser verbunden, die beiden Sorten krystallisirtes borsaures Natron des Handels darstellt. Die eine, mit 5 At. Wasser ($\text{NaO}, 2\text{BO}_3 + 5\text{aq.}$), von der Achtecknerform der Krystalle, der oktaëdrische Borax genannt, ist der seltene und enthält im reinen Zustande 30 % Wasser. Er wurde erst neuerdings von Payen von dem gewöhnlichen, seit alten Zeiten bekannten Borax mit 10 At. Krystallwasser ($\text{NaO}, 2\text{BO}_3 + 10\text{aq.}$) unterschieden, der in Prismen krystallisirt. Das Wasser in jenem beträgt 30,9, in diesem 47,2%. —

Beide geben in der Hitze alles Wasser unter Aufblähen ab und schmelzen dann zu einem klaren Glase zusammen, welches die sehr wichtige Eigenschaft besitzt, die meisten Metalloryde unter verschiedenartiger Färbung aufzulösen und auf blanken Metallflächen zu haften, so daß dieselben durch einen solchen Ueberzug selbst in der Glühhitze gegen die oxydirende Wirkung der Luft geschützt werden können. Daraus gründet sich die Anwendung des Borax als Flußmittel überhaupt, zu Glas und vor allem in den Metallarbeiten, dem Löthen, Schweißen z. B. Auch die Heilkunde macht davon Gebrauch. —

Der Borax des Handels stammt aus zwei sehr verschiedenen Quellen. Während man früher nur den, als Mineral in der Natur vorkommenden und nachher gereinigten Borax kannte, so ist dieser gegenwärtig durch den, künstlich durch Sättigung von vulcanischer Borsäure mit Natron dargestellten, fast gänzlich verdrängt worden, was hauptsächlich durch den bedeutenden Aufschwung der Sodagewinnung möglich war.

Dieses Geschäft, welches die Industrie Frankreichs mit vielem Erfolg an sich gezogen hat, wird in diesem Lande in so großem Maßstabe betrieben, daß man daselbst fast die ganze Ausbeute an Borsäure verbraucht, welche Oberitalien zu liefern im Stande ist. Das Vorkommen dieser Säure in dem an vulcanischen Producten so reichen Großherzogthum Toscana (vergl. S. 193.) ist eben so eigenthümlich, so interessant und so wichtig, als ihre Gewinnung. Die Borsäure wird nämlich in den vulcanischen Districten daselbst, in einem Umfange von 7—8 deutschen Meilen, durch zahlreiche Dampfströme, welche dort suffioni heißen, aus dem Inneren der Erde zu Tage gebracht. Schon von weitem kündigen sich die suffioni durch das Aufsteigen dicker Dampfäulen an, welche oft bis zu einer beträchtlichen Höhe aufsteigend, im Verein mit der unheimlichen Thätigkeit des vulcanischen (Kreide- und Mergel-) Bodens, welche den Grund

Der künstliche Borax.

Vorkommen der Borsäure.

*) Borax stammt von dem arabischen baurach; bei Agricola heißt der Borax, wegen seiner Anwendung zum Goldlöthen, Chrysocola, Goldbleim.

Vorkommen
der Borsäure.

erheben macht und Ströme von siedendem Wasser mit einem Qualm ausstößt, der die Umgebung rings mit Schwefelgeruch erfüllt, eine Scene gewaltiger Verwüstung bilden. An manchen Punkten sieht man die Mündung der Dampfströme frei ausgehen, an anderen dagegen sich durch stehende Wasser Bahn brechen, welche durch das Brodeln und Aufrühren des Bodens zu kleinen Schlammseen („Lagunen“) geworden.

Bekanntlich bietet die Borsäure ein, der Regel zuwiderlaufendes Verhalten dar, insofern dieselbe beim Schmelzen vollkommen feuerfest, nichts destoweniger in einer kochenden Auflösung so merklich sich mit dem Wasserdampf verflüchtigt, daß die Genauigkeit analytischer Versuche dadurch ganz unmöglich wird. Jedenfalls beruht die Heraufführung der Borsäure durch die Wasserdämpfe der suffioni auf derselben Erscheinung. Indessen bleibt es immer auffallend oder doch nur aus dem verschwindend geringen Gehalte erklärbar, daß man durch bloßes Verdichten des Gas- und Dampfstromes an und für sich, schlechterdings keine Borsäure erhält, die sich aber in den Schlammseen, wenn solche die Mündung bedecken, vorfindet, vermehrt und ersetzt. Es scheint, zufolge angestellter Beobachtungen von Payen und von Bowring, denen man die besten Nachrichten verdankt, als ob das Zutagekommen der Borsäure von einem, wenigstens zeitweisen Eindringen des darüber stehenden Wassers, in den Schlund der suffioni, bedingt werde; vielleicht weil sich die Säure schon früher absetzt und das Wasser von der Oberfläche der unzureichenden Wirkung des Dampfes aus dem Inneren die Hand reichen muß. Der eigentliche Ursprung der Borsäure in den suffioni ist völlig unbekannt und Alles, was man darüber anführen kann, ist nur eine Ansicht von Dumas. Dieser Forscher suchte nämlich die beschriebenen Erscheinungen durch die Annahme eines sehr tiefen Lagers von Schwefel-Bor zu erklären, welches von dem eindringenden Seewasser erreicht wird. In diesem Falle müßten unter heftiger Erhitzung Borsäure und Schwefelwasserstoff entstehen, welche durch gleichzeitige Zersetzung der anderen Bestandtheile des Seewassers, wie es denn der Fall ist, von Salzsäure und Ammoniak begleitet wären. Alles übrige erklärt sich dann von selbst aus dem Zusammentreffen der Zersetzungsproducte mit Kalk- und Thonlagern. In einer gewissen Höhe über dem Heerde dieser Zersetzung könnte sich die Borsäure ablagern und je nachdem das Wasser der Lagunen bis dahin hinab gelangt oder nicht, würde der Strom diese Säure entweder mit an die Oberfläche nehmen, oder vorübergehen, ohne sie zu verflüchtigen.

In diesen suffioni, deren Temperatur zwischen 97° – 100° schwankt, fand Payen neben beständigen Gasarten und Wasserdampf, vielerlei mit emporgerissene, feste Stoffe. Das Gemenge der beständigen Gase enthielt in 100 Theilen: 75,3 Kohlensäure, 34,81 Stickstoff, 6,57 Sauerstoff, 1,32 Schwefelwasserstoff, woraus auf unzweideutige Weise hervorgeht, daß irgendwie die atmosph. Luft Zutritt und Antheil hat.

In den verdichtbaren Theilen fand sich: Thon, schwefels. Kalk, Ammoniak, schwefelsaure Thonerde, Eisenvitriol, Salzsäure und organische Materien von einem den Seefischen ähnlichen Geruch, mit wenig oder gar keiner Borsäure. Allenthalben, wo der Boden Spalten und Poren darbietet, setzt sich Schwefel ab.

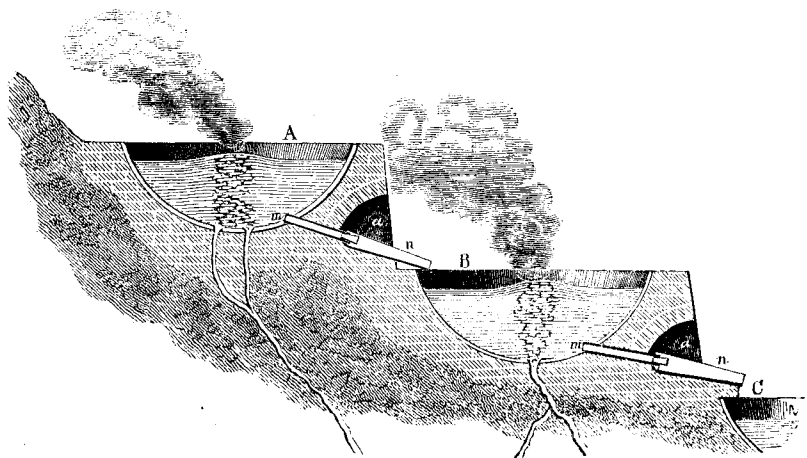
Man trifft nun in diesen Gegenden, in Entfernungen von einer $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$

Gewinnung
der Borsäure.

Stunde von einander 9 Fabriken, nämlich: Larderello, Monte Gerboli, San-Federigo, Castel-Nuovo, Sasso, Monte rotundo, Lustignano, Serrazano und Lago, am Fuß eines mäßigen Abhanges an, welchem nach vielen Richtungen Gasströme entsteigen. Die Behandlung derselben gründet sich auf die bereits angeführte Beobachtung, nach welcher das Ausbringen der Säure durch Wasser vermittelt wird. Gewinnung
der Versäure.

Was nun die Einrichtung anbelangt, so besteht diese zunächst aus einem Die Lagunen. System unter einander in Verbindung stehender Becken (künstlicher Lagunen), welche aus rohem Mauerwerk um die Mündungen eines, oder mehrerer stärkerer suffioni als Mittelpunkt ringförmig angelegt und innen mit Thon ausgekleidet sind. Ihr Durchmesser wechselt von 16 und 20 (13' und 16' rh.) Fuß bei den kleineren, bis zu 60 und 80 (48' und 64' rh.) Fuß bei den größeren, bei 6 bis 10 Fuß Tiefe (5' bis 8' rh.). Die Fig. 108. zeigt, wie dieselben, zu mehreren, terrassenförmig an einem Abhang angelegt sind.

Fig. 108.



An der, jedem tieferstehenden Becken zugekehrten Seite, befinden sich die Gewölbe *a, a* etc., welche gleichsam den Dienst von Brunnenstuben versehen. Dadurch sind nämlich die Zapfen der Röhren *m* zugänglich, aus welchen beim Deffnen das Wasser durch die Rinnen *n*, in die nächst tieferliegende Lagune abfließt.

Diese künstlichen Behälter, deren 6 bis 8 vorhanden sind, dienen nun dazu, dem Wasser benachbarter Quellen oder eines Bachs, womit man die oberste Lagune *A* gespeiset hat, nach und nach soviel Vorsaure einzuverleiben, bis dieselbe hinreicht, um die Gewinnung zu lohnen.

Wenn das frische Wasser in der Lagune *A* angelangt ist, so wird es anfangs unter Dampfverdichtung zum Theil eingeschluckt, aber bald, nachdem es die Temperatur des Dampfes erreicht hat, wieder ausgeworfen und durch den nunmehr entweichenden Gasstrom unaufhörlich und lebhaft bewegt, wobei seine Temperatur 93° bis 95° C. erreicht. Nach Ablauf von 24 Stunden, die es

Die Lagunen. in diesem Zustande geblieben, zieht man den Zapfen und läßt das Wasser in das Becken *B* abfließen, wo das Spiel von Neuem beginnt. Die Flüssigkeit belädt sich mit etwas mehr Borsäure und anderen Stoffen, deren Menge durch Ueberziehen in den Behälter *C* und von da nach einem vierten u. s. f., nach jedesmaligem Aufenthalt von 24 Stunden vermehrt wird. Wenn die Lösung auf diese Art die Reihe der 6 oder 8 Lagunen passirt hat, so beträgt ihr Gehalt an Borsäure ungefähr $\frac{1}{2}\%$ bei einem spec. Gew. von 1,007 bis 1,010.

Klären. Aus der letzten Lagune wird diese Lösung von einem großen Klärbehälter, „Vasque“, aus Mauerwerk von 24 F. in's Geviert (19' rh.) und 4 F. Tiefe ($3\frac{1}{3}'$ rh.) aufgenommen, worin sich über Nacht der Schlamm ziemlich vollständig absetzt, worauf man die überstehende Flüssigkeit in einen Vorrathbehälter ähnlichen Umfangs abläßt, um daraus die Eindampfpfannen zu speisen.

Eindampfen. Diese sind ähnliche Bleipfannen, wie die S. 204 bei der Schwefelsäure beschriebenen, von 12 F. (9,3' rh.) im Geviert bei 14 Zoll (1,1' rh.) Tiefe. Je zwei Batterien von 7 neben einander gelegten Pfannen, bilden ein gemeinschaftliches Ganze, zusammen Raum für nahe 3000 C. F. (1400 C. F. rh.) umfassend. Die einzelnen Pfannen sind terrassenförmig über einander in einem Balkengerüste, gleichsam hängend und in der Art angebracht, daß die 4 ersten die obere Stufe, die 2 folgenden die 2te und die unterste Pfanne die letzte Stufe bilden. Anstatt aller Feuerung, die gänzlich wegfällt, verschafft man sich die zum Abdampfen nöthige Wärme einfach durch einen oder mehrere Dampfströme, welche man in eine Leitung faßt und in den Zwischenraum zwischen dem Pfannenboden und dem Fundament eintreten läßt, wo sie unter den Pfannen die ganze Batterie entlang streichend, die Heizung bewerkstelligen. So liefert die Natur jener Gegend mit einem höchst schätzbaren Rohstoff auch zugleich das Heizmaterial für seine Gewinnung, und in der That wäre ohne diese seltene Vergünstigung, die Borsäure, bei der Armuth an Brennstoff, ein beinahe todter Schatz zu nennen *).

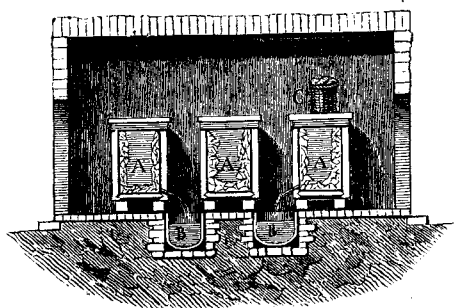
Wenn die 4 oberen Pfannen mit Flüssigkeit aus dem Klärbehälter gefüllt sind und diese 24 Stunden darin verweilt hat, so ist die Hälfte verdampft, und das nächst tieferstehende Pfannen-Paar wird nun gerade im Stande sein, die andere zurückgebliebene Hälfte zu fassen. Man zapft also über und ersetzt den Inhalt der 4 oberen sogleich aus dem Klärbehälter. Nach weiteren 24

*) Anmerk. Das Vorhandensein der Borsäure in dem Dampfe der toscanischen sulfon ist bereits 1778 von Franz Höfer, Hofapotheker in Florenz, in einer besonderen Schrift, „Nachricht von dem in Toscana entdeckten Sedativsalz etc.“ vollständig bewiesen und darin gezeigt worden, daß diese Säure mit Natron einen Vorar liefert, welcher den gewöhnlichen an Reinheit übertrifft. Weber diese, noch Mascagni's spätere Angaben auf diesen Gegenstand waren im Stande, die Indolenz der Bewohner jener Gegend weiter, als bis zu einigen verfehlten Unternehmungen zu wecken. Aus falscher Speculation überfüllten sie sich den Markt bis zum eigenen Ruin. Erst im Anfang dieses Jahrhunderts gelang es durch die Verbesserungen von Giaschi, welcher die fortschreitende Sättigung in den Lagunen einführte und nach dessen Tode 1817 seinem Nachfolger Larderello, damaligem Eigenthümer aller Lagunen, hauptsächlich durch die Idee, die Kostspieligkeit des Brennstoffs durch die Dampfheizung zu umgehen, diese reiche Erwerbsquelle in ihrem wahren Umfang zu eröffnen. Noch im Jahre 1818 stand derselbe District am Monte Gerboli, welcher nunmehr 100000 Fr. einbringt, Jedem gegen eine Jahresrente von 160 Fr. zu Gebot.

Stunden ist abermals die Hälfte verdunstet und die anfängliche Flüssigkeitsmasse ^{Verdampfen.} in der 2ten Pfanne auf $\frac{1}{4}$ ihres Raumes, zu einer viel stärkeren Vorsäurelösung eingeeengt, so daß nunmehr die Lösung in dem untersten Paare der beiden Batterien Raum findet und dahin abgelassen werden kann, wo sich dann die Verdampfung endet. — Der Gang, so wie er hier angedeutet worden, leidet keine Unterbrechung; die fertige Lauge eines Pfannenpaares wird nur abgelassen, um einer neuen Portion schwächerer Lösung Platz zu machen. Während der Abdampfung scheidet sich viel schwefelsaurer Kalk in den Pfannen ab, den man von Zeit zu Zeit durch Auskrücken beseitigen muß. Gerade so, wie sich die Flüssigkeit in den Lagunen allmählig durch fortgesetzte Aufnahme von Vorsäure bereichert, so findet diese Bereicherung in den Pfannen durch Wasser-Verdampfung ihren Fortgang, bis aus einer Flüssigkeit von unnachweisbar kleinem Vorsäuregehalt, in den untersten Pfannen eine Lösung entstanden ist, welche, nachdem man sie daselbst mit der Mutterlage der vorigen Krystallisation vereinigt hat, ein spec. Gew. von 1,07 bis 1,08 zeigt.

Das Gemenge von frischer, garer Lösung und Mutterlauge verläßt jetzt die ^{Krystallisiren.} Pfannen und wird zum Krystallisiren in die Kufen *A, A* Fig. 109. gebracht.

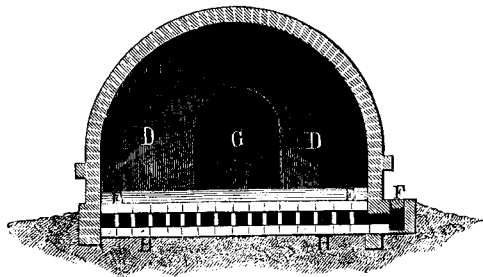
Fig. 109.



Diese sind rund, von Holzdauben gefugt, aber inwendig mit Blei ausgefüttert und enthalten bei 4 F. Höhe und 31 Zoll Durchmesser gegen 8 C. F. (4 C. F. rh.) Sie sind, wie aus der Abbildung zu ersehen, so aufgestellt, daß man die Mutterlauge, wenn keine Krystalle mehr anschießen, bequem in die Gefäße *B* ablassen, und mittelst dieser in die untersten Pfannen zurückgießen kann.

Die herausgenommenen kleinblättrigen Krystalle werden in Körbe *C* gefaßt, zum Abtropfen hingestellt und noch feucht zu einer $1\frac{1}{2}$ Zoll starken Schichte auf den

Fig. 110.



Boden *E, E* des Trockenhauses *D* Fig. 110. ausgebreitet. Der Boden dieses Raumes ist nämlich ein doppelter und so eingerichtet, daß ein bei *F* eingelassener Dampfstrom, in dem Zwischenraum *H* zwischen beiden zu circuliren gezwungen wird. Durch die Thüre *G* gelangt man in's Innere. Die trockne Säure wird zunächst nach Livorno gebracht und dann in kleinen Fässern zur See weiter versendet.

Bestandtheile
der rohen
Bor säure.

Wittstein fand in einer genauen Analyse in 100 Theilen käuflicher Bor säure:

		91,256
krystallisirte Bor säure	76,494	
an Borf. gebund. Schwefelsäure	1,322	
schwefelsaures Ammoniak	8,508	
„ „ Bittererde	2,632	
„ „ Kalk	1,018	
„ „ Natron	0,917	
„ „ (Eisenoryd)	0,365	
	91,256	
schwefelsaure Thonerde		0,320
„ „ Kali		0,369
„ „ Manganoxyd.		Spur
Salmiak		0,298
Kieselsäure		1,200
Krystallwasser d. Salze		6,557
org. stickstoffh. Materie		Spur
		100,000

woraus man entnehmen kann, daß im Ganzen, obgleich die reinste Säure in Livorno der dortigen Boraxfabrik verbleibt, ein sehr unreines Product geliefert wird. Es würde dies bei weitem nicht in gleichem Grade der Fall sein, wenn man die Mutterlauge, anstatt diese in die Pfannen zurückzugeben, jedesmal für sich behandeln und nach der Abscheidung der Bor säure auf Alaun z. B. benutzen würde. Ueberdies beweisen die Erfahrungen der franz. Boraxfabrikanten, daß die Unreinheit der toscan. Säure von Jahr zu Jahr zunimmt, so daß die Menge der fremden Stoffe, welche anfangs nur 8—10 % betrug, nach und nach auf 18, 23 (wie in der Analyse), ja selbst auf 25 % gestiegen ist; eine Erscheinung, welche wahrscheinlich in der zunehmenden Aufwühlung des Erdreichs durch die Dampfströme ihren Grund hat.

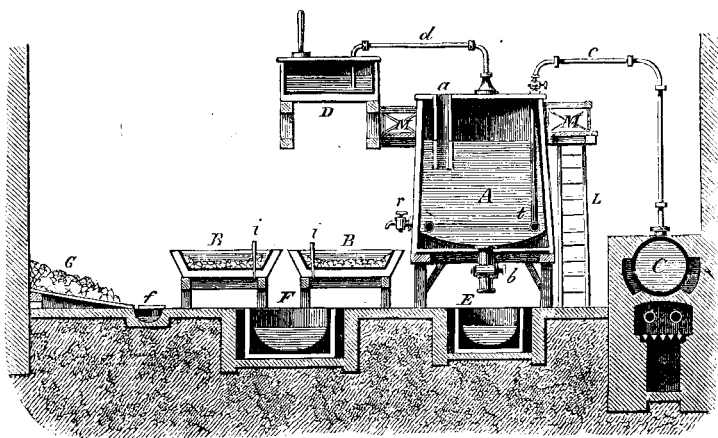
Jede Batterie von 14 Pfannen liefert in dem bezeichneten Gang, also nach 3 mal 24 stündigem Abdampfen 180 Pfd. krystallisirte Säure, welche die Austreibung von 36000 Pfd. Wasser voraussetzen. Zufolge der S. 55 und 56 niedergelegten Erfahrungen weiß man nun, daß zur Verdampfung von 4,7 Pfd. Wasser 1 Pfd. gewöhnliches Brennholz erforderlich ist. In Toscana beläuft sich aber die jährliche Production jetzt auf 15000 Etr. Säure (Payen) bei einer Verdampfung von wenigstens 1,6 Mill. Etr. Wasser, welche unter anderen Verhältnissen über 21000 Stecken Scheitholz verzehren würden. (1 Stecken = 100 C. F. heff. = 50,5 C. F. rh. mit $\frac{7}{10}$ Derbgehalt). Nach Bowring hat die jährliche Ausbeute seit 1836 die Höhe von beinahe 3 Mill. Pfd., also doppelt so viel erreicht. —

Sättigung der
Bor säure.

Zur Sättigung von 100 Th. käuflicher Bor säure bedarf man erfahrungsmäßig 120 Th. krystallisirte Soda oder eine entsprechende Menge Sodasalz. Man bedient sich dazu mit Blei ausgefütterter Rufen *A* Fig. 111. a. f. S. von ganz ähnlicher Einrichtung, wie die bei der Stearinsäuregewinnung beschriebenen (S. 95). Aus einem Dampfkessel *C* tritt der, zur Heizung nothwendige Dampf durch das Rohr *c* in die Rufe ein, worin es bis auf den Boden reicht und dort zum Austritt des Dampfes eine kreisförmige, horizontale mit vielen Löchern versehene Biegung *t* macht. Zwei Hähne, ein höherer *r* zur Seite und einer *b* am tiefsten Punkt des gewölbten Bodens, dienen zum Entleeren, die Oeffnung *a* mit ihrem Ansaugrohr zur Beschickung der Rufe, welche im übrigen, um die Wärme zusammenzuhalten, mit einem Deckel verschlossen ist. *L* sind Leitern, *M* Bühnen

zum bequemen Besteigen. Anfangs enthält diese Kufe nur die Mutterlauge der letzten Krystallisation, zu welcher man vorerst das Natron und so viel Wasser ^{Sättigung und} ^{Bearbeitung} zu Bear

Fig. 111.



hinzufügt, daß dieses im Ganzen, mit Einschluß dessen, was durch die Dampfheizung hinzukommt, beiläufig 200 Pfd. beträgt. Erst wenn alle Soda zergangen und die Temperatur der Flüssigkeit auf 100° C. gestiegen ist, fängt man an, die gröblich zerriebene Vorsäure — und zwar, um das Uebersteigen zu vermeiden — in Portionen von etwa 10 Pfd. nach und nach zuzusetzen. Bei dieser Gelegenheit wird nicht allein die Vorsäure neutralisirt, sondern auch ein nicht unbedeutlicher Verlust an Natron durch die schwefelsauren Salze und Chlorverbindungen verursacht, welche dieser beigemengt sind. Es entstehen auf diese Art, indem sich schwefelsaures Natron und etwas Kochsalz bildet, kohlensaurer Kalk, kohlens. Bittererde, ferner Eisenorydhydrat und hauptsächlich kohlensaures Ammoniak. Letzteres würde in einem offenen Gefäß mit den Wasserdämpfen entweichen; um den Verlust dieses sehr werthbaren Nebenproductes zu vermeiden, hat man die Einrichtung so getroffen, daß die entwickelten Gase und Dämpfe mittelst des Rohres *d* im Deckel nach einem benachbarten Verdichtungsgefäß *D* durch Schwefelsäure gehen müssen. Die Kohlensäure entweicht daraus mit dem Uebrigen, während alles Ammoniak als schwefelsaures Ammoniak zurückbleibt. — Nachdem alle Säure zugesetzt ist, muß die Lösung ungefähr 21° Beaumé (1,166 sp. G.) zeigen und ihre Temperatur bis zum Siedepunkt, nämlich auf 105° C. gesteigert werden, worauf man den Dampf absperrt, die Oeffnung *a* zudeckt und die Lösung 12 Stunden lang zum Absetzen in Ruhe läßt. Sobald die gehörige Klarheit eingetreten, läßt man die Lauge durch den Hahn *r* in die flachen, mit Blei ausgelegten Krystallisirgefäße *B, B*, den Bodensatz aber durch den Hahn *b* nach *E* ablaufen, um ihn zu waschen und dann wegzuworfen. Nach beendigter Krystallisation in den Gefäßen *B, B*, zieht man die bleiernen Zapfen *i, i*, so daß die Mutterlauge sich in dem gemeinschaftlichen Behälter *F* ansammeln kann. Es ist schon bemerkt worden, daß man dieselbe beim näch-

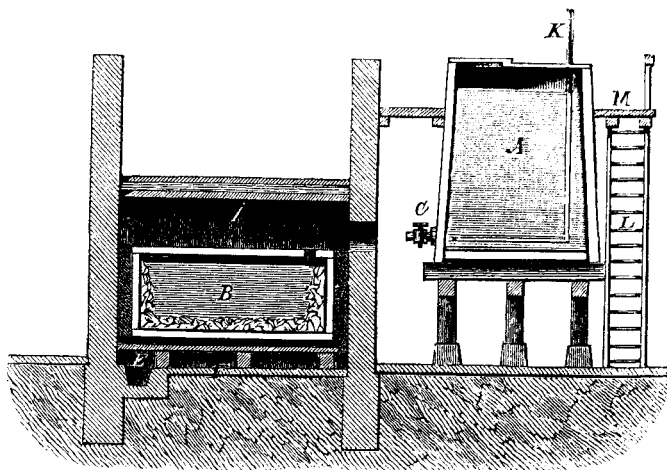
Krystallisation
des Borates.

sten Sättigen von neuer Borsäure in der Kufe *A* zusetzt; zuletzt sammeln sich aber die fremden Salze dergestalt an, daß man diese durch besondere Behandlung trennen muß. Man läßt nämlich den Borax bei 33° C., wo alles übrige noch gelöst bleibt, herauskrystallisiren, und erhält dann durch weiteres Abdampfen auch noch das schwefelsaure Natron und die schwefelsaure Bittererde.

Umkrystallisiren
des Borates.

Aus den entleerten Gefäßen *B*, *B*, löst man die Krystalle mit Hammer und Meißel los und schaufelt dieselben auf eine geneigte Unterlage bei *G*, wo dann der Rest der Mutterlauge in dem Kanal *f* zusammenrinnt. Dieser erste Anschuß ist nun viel zu unrein und auch in anderer Beziehung für den Handel nicht eher, als nach einer Umarbeitung geeignet, welche in der Vorrichtung Fig. 112. statthat, worin das Rohproduct umkrystallisirt wird.

Fig. 112.



Bei der Wiederauflösung des rohen Borax werden die Abfälle an kleinen Krystallen gelegentlich mit verarbeitet und zwar beides in einer Kufe *A*, welche sich von der in Fig. 111. nur durch größere Dimensionen und durch das Wegfallen des weiten Hahns im Boden unterscheidet. Sie muß wie diese mit Bleifutter und Dampfheizung versehen, aber geräumig genug sein, um wenigstens 180 Etr. Borax zu fassen. Dieser wird um das Auflösen zu beschleunigen, mit den Abfällen in einem Korb aus Eisenblech, der von einer über einer Rolle gehenden Kette herabhängt, dicht unter den Wasserspiegel gebracht. Die Wirksamkeit dieses Handgriffes mit ihren Ursachen ist schon S. 234. erörtert und gezeigt worden, inwiefern derselbe das lästige Umrühren ganz entbehrlich macht. Es ist nothwendig, bei dem Auflösen des rohen Borax noch einmal kohlenf. Natron in kleiner Quantität, etwa 4 %, zuzusetzen, worauf man so lange Dampf einstreichen läßt, bis die Lösung wieder 21° B. zeigt. Wenn dieser Punkt erreicht ist, so zapft man die ganze Lösung mittelst des Hahnes *C* in das Krystallisationsgefäß *B* *).

*) Der Boden unter diesem ist ein glattes etwas geneigtes Pflaster *F*, aus glasirten Steinen, von welchem alles Verschüttete in einen Kanal *E* abläuft.

Weil nur große Krystalle verkäufliche Waare sind, die nicht ohne Schwierigkeit ^{hinterzuliess-} und nur durch Vermeiden aller Erschütterung und zu schneller Abkühlung ^{ren desselben.} erhalten werden kann, so ist die Einrichtung dieser Wachsottiche etwas umständlicher. Sie sind aus starken Bohlen zusammengefügte, inwendig mit Bleiplatten gefütterte Kasten, mit einem wohlverschließenden, ebenfalls gefütterten Deckel, welche in einem äußeren, nicht anschließenden zweiten Kasten sitzen. Der Zwischenraum zwischen beiden wird mit Kohlengestübbe II ausgefüllt und der Deckel mit einer dreifachen Lage groben Wollenzuges I bedeckt, um eine möglichst langsame Abkühlung herbeizuführen. Auch dürfen die Gefäße nicht nahe neben einander stehen, weil sonst die Schläge beim Entleeren des einen, das Wachsthum im andern stören würde. Dieses währt nun, je nachdem das Wetter kalt oder warm, 25 bis 30 Stunden, und ist überhaupt vorüber, wenn die Thermometer im Inneren nicht mehr über 25° — 30° zeigen. Man kann nun die Mutterlauge mit weiten Hebern abziehen, es muß dies jedoch so schnell, als immer möglich geschehen. Sobald der Heber ausgelaufen, nimmt man, was von Mutterlauge unten zwischen den Krystallgipseln geblieben, mit Schwämmen weg, damit sich keine Rinde von kleinen Körnern darüber ansetzen kann, und deckt unverzüglich wieder zu, worauf man mehrere Stunden wartet. Es ist dies darum nothwendig, weil im entgegengesetzten Fall durch Einwirkung der kalten Luft die so wesentliche Festigkeit der Krystalle durch Sprünge und Spalten leiden würde. Also erst, wenn die Erkaltung allmählig bis zur Temperatur der Umgebung fortgeschritten, dürfen die Arbeiter in das geöffnete Gefäß einsteigen, um die Krystalle mit dem Meißel auszulösen. Die ausgehauenen Salzkuchen kommen nun, wenn sie mit dem Hackmesser in einzelne Krystalle zer schlagen sind, auf einen Tisch zum Auslesen. Was nicht wegen Mangel an Festigkeit oder wegen Kleinheit zurückgehalten wird, wird in einen weit geflochtenen Korb geworfen, der alle Körner und Staub durchfallen läßt, und dann verpackt.

Nach dem angegebenen Verfahren erhält man wie immer bei einer Lauge von 1,166 Dichtigkeit gewöhnlichen Borax mit 60 % Wasser. Will man nur octaëdrischen mit 30 % wachsen lassen, so muß die Lauge bis zu 30° B. (= 1,256 sp. G.) bei 100° C. eingedampft werden, bevor sie in das Krystallisiergefäß kommt. Der octaëdr. Borax fängt dann an sich zu bilden, wenn die Temp. auf 79° gefallen ist und hört mit 56° auf. Dies ist der Zeitpunkt, wo man alle Eile hat, die Mutterlauge zu entfernen, wenn man einen Ueberzug von gew. Borax vermeiden will. Die Krystalle hängen so fest aneinander, daß beim Ausbrechen klingende, harte Platten von beliebiger Größe entstehen.

Ein seltsames Vorurtheil der Käufer, welche den octaëdr. als geschmolzenen Borax bezeichnen, und die gewöhnliche Sorte zu kaufen wähnen, wenn die Platten noch die hervorragenden Krystallzinken oder Spitzen besitzen, nöthigt den Fabrikanten, allen Platten diesen wahren Stempel ihrer Reinheit vor der Verpackung mit dem Hackmesser zu nehmen.

In jedem Fall, ob man die eine oder andere Sorte hat wachsen lassen, läßt die in weite Becken abgezogene Mutterlauge prismatischen Borax in reichlicher Menge niederfallen, welcher nach dem Abtropfen getrocknet, zu Emailüberzügen gebraucht werden kann. Diese feinkörnige Krystallmasse gewährt keine

so bestimmte Garantie für ihre Reinheit, weshalb sie in der Regel von dem Kleinverkauf ausgeschlossen bleibt. — In der ersten Zeit stand die Kleinheit und geringe Festigkeit der Krystalle der Einführung des künstlichen Borax so sehr im Wege, daß man das ganze Ansehen des holländischen (gereinigten natürl. von Amsterdam), seine bräunliche Färbung, die Verpackung, ja das abgeriebene Ansehen der Kanten durch den Landtransport, in's Kleinste nachahmen mußte, um darüber hinweg zu kommen.

Der natür-
liche Borax
(Zinkal).

Fertig gebildeter Borax ist mehrfach in der Erde angetroffen worden, z. B. bei Halberstadt, in Siebenbürgen, in den Bergwerken von Biquintiza und Escapa in Peru, auf Ceylon, in der Tartarei, in China, ganz besonders aber in Indien und Tibet, woher früher der größte Theil des Verbrauchs in den Gewerben bezogen wurde. Nach Turner liegen die Seen, welche den indischen Borax liefern, einige Tagereisen von Tschoo-Lomboo; und es findet sich derselbe am Ufer und auf dem Grunde dieser stehenden Salzwasser in großen Blöcken, während nach der Mitte zu Kochsalz vorherrscht. Dagegen berichten Blanc und Vater Novato, daß die tibetanischen Seen zwischen den Bergen dieses Landes und zwar der berühmteste, welcher Nechal heißt, im Kanton Sumbul gelegen sei. Angeblich soll das Wasser zeitweise durch Schleusen aufgestaut, bis es durch Verdunstung Salz auf dem Boden abgesetzt hat, und dann abgelassen werden. Der erhaltene rohe Borax heißt bei den Indern Zinkal. Er ist unrein und hat die Form 6seitiger mehr oder minder abgeplatteter, gut ausgebildeter Krystalle von wenigen Linien Länge, welche bald ungefärbt, bald gelblich oder grünlich aussehen und stets mit einer erdigen Kruste bedeckt sind, welche sich fettig anfühlt und nach Seife riecht.

Diese letzte Eigenschaft rührt von einer seifenartigen Verbindung aus Natron und einem fettartigen Stoffe her, welcher die Krystalle umgiebt. Das Fett kann durch Säuren abgeschieden werden und stellt dann ein dunkelbraunes, in Aether lösliches ranziges Del dar.

Seit alten Zeiten ist der rohe Borax in den Seestädten gereinigt oder »raffinirt« worden und zwar früher in Venedig (woher die Bezeichnung venetianischer Borax, welche so viel als gereinigt besagt), später auch in holländischen Plätzen z. B. Amsterdam. Das Verfahren ist immer geheim gewesen, doch sind zwei verschiedene Wege der Reinigung bekannt geworden.

Nach der einen scheidet man die Unreinigkeiten mit Kalk ab, indem man den Zinkal zuerst in wenig kaltes Wasser einweicht und nach und nach unter Umrühren 1 % gelöschten Kalk zusetzt. Das trübe Kalkwasser wird abwechselnd abgelassen und nachdem sich die Unreinigkeiten durch Ruhe auf dem Boden abgesetzt, klar wieder zurückgegossen, aufs Neue damit abgewaschen und so mehrmals wiederholt. Auf diese Art wird der größte Theil der seifenartigen Verbindung weggenommen, der Rest aber dadurch beseitigt, daß man die Krystalle in kochendem Wasser löst und etwa 2 % Chlorcalcium hinzufügt. Es entsteht Kochsalz und eine unlösliche Kalkseife auf der andern Seite, welche man durch Abseihen entfernt, um die klare Lauge auf 21° B. einzudampfen.

Das andere Verfahren besteht darin, daß man den gepulverten Zinkal in ein Faß mit durchlöcherntem Boden bringt und so lange mit einer Aegnatronlauge

von 1,034 sp. G. wäscht, als diese noch gefärbt abläuft. Durch die Lauge wird nämlich die seifenartige Materie viel löslicher gemacht. Nach dem Abtropfen löst man die Krystalle in Wasser auf und setzt 12 % Soda zu, wodurch die fremden Stoffe und Erden herausgefällt werden, die man abseihen muß, um dann die Lauge ebenfalls auf 20° B. einzudampfen.

In beiden Fällen findet die Krystallisation in bleigefütterten Holzgefäßen Statt, von der Form verkehrter abgestufter Kegels. Diese Form gewährt den Vortheil, daß sich der etwa bildende Absatz in dem engeren Raum ansammelt und die Krystallisation nicht stört. Die Anwendung des Kalkes erleichtert zwar die Klärung der Flüssigkeit, kann jedoch leicht durch Bildung von unlöslichem borsaurem Kalk einen Verlust nach sich ziehen, der sie weniger empfehlenswerth macht.

Der käufliche Borax hat mit dem aus Zinkal verglichen, seiner viel größeren Reinheit ungeachtet, den ganz besonderen Fehler, daß seine Krystalle im Feuer sehr leicht nach ihren natürlichen Spaltungsflächen Risse bekommen, zerbröckeln und von der Löthstelle z. B. wegspringen, wodurch viel verloren geht und die Arbeit erschwert wird. Die großen und umständlichen Vorsichtsmaßregeln bei der Krystallisation verbessern diesen Fehler zwar ziemlich, doch wird dem Uebelstande noch besser durch Zusatz von etwas Zinkal vor dem Umkrystallisiren gesteuert. —

Salpeter.

Im weiteren Sinne des Wortes sind unter »Salpeter« die bekannteren Salze der Salpetersäure begriffen, welche irgend einer Anwendung in den Künsten fähig sind; sie werden alsdann durch den Beisatz des Basenmetalls, wie: Silber-, Kali-, Natronsalpeter, unterschieden. Im engeren Sinn und schlechthin ist unter Salpeter immer das salpetersaure Kali zu verstehen, welches mit dem letzteren, dem salpetersauren Natron, vor allen übrigen Salpetern durch den massenhaften Verbrauch und seine eigenthümliche Anwendung von großer Wichtigkeit geworden ist. Die Anwendung dieser beiden Salpeter zu verschiedenen Zwecken beruht auf ihrer Eigenschaft, in der Glühhitze Sauerstoff abzugeben, oder dieses Element auf etwa vorhandene andere Körper zu übertragen, wenn diese geneigt sind, sich damit zu verbinden. Es lassen sich also andere Stoffe, z. B. Kohle, mittelst Salpeter verbrennen oder oxydiren, wie durch den Sauerstoff der Luft, nur in der Regel mit viel größerer Wirkung. Der Salpeter ist, chemisch gesprochen, eins der kräftigsten Drydationsmittel. Stets wird der Sauerstoff dabei von der Salpetersäure hergegeben, in der Art, daß zu gleicher Zeit Stickstoffgas frei wird. Der Kalisalpeter liefert für sich erhitzt anfangs fast reines, später immer mehr stickstoffhaltendes Sauerstoffgas, indem er zuerst als salpetrigsaures, nach vollständiger Zersetzung dagegen als reines Kali zurückbleibt. In einer Anzahl Fälle bedient man sich des Salpeters nur indirect, nämlich der Salpetersäure, zur Drydation, deren Abscheidung ebenfalls eine wichtige Benutzung des Salpeters ausmacht. — Worauf die Wirkung des Salpeters in der Heilkunde beruht, ist nicht bekannt; indessen wird derselbe zu den ausgezeichnetsten Mitteln gezählt.

Der Chilesal-
peter.

Auf den, dem stillen Meere zugekehrten Küstenstrichen Südamerica's, nämlich 14 Stunden vom Hafen Yquique und ebenso weit vom Hafen Concepcion, auf der Grenze von Peru und Chile, im Districte Atacama, fand man in neuerer Zeit Ablagerungen von salpetersaurem Natron ($\text{NaO}, \text{N}_2\text{O}_3$) in ungeheurer Ausdehnung, in einer sonst unfruchtbaren Gegend, unter einer Thonschichte liegen *). Sie erstrecken sich bei einer Mächtigkeit von 2 bis 3 Fuß auf 30 Meilen hin und liefern sehr große Massen jenes Salzes unter dem Namen »Chilesalpeter« oder Cubischer Salpeter, in den Handel. In den Grube sieht man diese Schichten, welche aus trockenem harten, fast reinem Salz bestehen, fast unmittelbar unter der Oberfläche liegen. Das künstliche Salz ist eine bräunliche, schmutzig aussehende, aus mehr abgerundeten Krystallkörnern bestehende, stets feuchte Masse, worin nach

	Hoffstetter	Lecanu	Wittstein
Salpetersaures Natron	94,29	96,70	99,63
» » Kali	0,43	—	—
» » Bittererde	0,86	—	—
» » Kalk	—	Spur	Spur
Kochsalz	1,99	1,30	0,37
Schwefelsaures Kali	0,24	Spur	—
Feuchtigkeit	1,99	2,00	—
Unlösliche Theile	0,20	—	—
	100,00	100,00	100,00

und nach L e m b e r t sehr kleine Mengen von Jodnatrium und jodsaurem Natron enthalten sind. Man sieht daraus, daß dasselbe im Ganzen sehr rein ist, wenn auch die Menge der verunreinigenden Bestandtheile sich nicht gleichbleibt. In feuchter Luft zieht der Chilesalpeter Wasser an bis zum gänzlichen Zerfließen, was ihn zu seinem Nachtheil von dem gewöhnlichen (Kali-) Salpeter unterscheidet und von einigen Anwendungen, besonders zum Schießpulver, gänzlich ausschließt. Dagegen wird der erstere zur fabrikmäßigen Gewinnung des Scheidewassers (der Salpetersäure) und besonders in den Schwefelsäurefabriken, als ebenso geeignet und viel wohlfeiler, dem letzteren um so mehr vorgezogen, als sein Gehalt an Salpetersäure 10 % mehr beträgt. — Das salpetersaure Natron bedarf bei 0° 1,25 Theile, bei 18,5° an 1,14 und bei 47° an 0,77 Th. Wasser, worin es sich unter starker Kälteentwicklung auflöst. —

Gewöhnlicher Sal-
peter.

Der gewöhnliche Salpeter, das salpetersaure Kali ($\text{KO}, \text{N}_2\text{O}_3$), zum Unterschied von den vorigen auch wohl »prismatischer Salpeter« genannt, enthält im krystallisirten Zustande ebenfalls kein Wasser.

Das Vorhandensein desselben in dem Saft der Sonnenblumen, des Vorchs, des Schöllkrauts, des Tabaks u. a. Pflanzen, sowie zuweilen kleiner Mengen in Brunnenwasser, ist bis jetzt von keinem Interesse für die Praxis.

Vorkommen
des fertig gebil-
deten.

Indessen hat man fertig gebildeten Salpeter in der Erde ziemlich häufig beobachtet und an vielen Orten auch ausgebeutet, obgleich er sich niemals in

*) Die Minen sind bei den Dörfern Quantajaya und St. Rosa. Die Salpeterschichten folgen daselbst den Rand eines Beckens oder früheren Sees nach dessen Eintrocknung das Salz zurückgeblieben. Der Boden der ganzen Umgegend ist mit Kochsalz bedeckt.

förmlichen Lagern vorfindet, wie der Natronsalpeter in Peru, sondern mehr die Boden-
 masse durchdringt und in gewissen Zeiten als Auswitterung zum Vorschein kommt.

In der Kreideablagerung am Ufer der Seine, bei Roche-Guyon und Mouffreau z. B. finden sich mehrere Höhlen, welche daselbst als Ställe und in anderer Art benutzt werden. Mehr nach den Eingängen zu, welche nach Süden gerichtet sind, nicht aber tiefer nach innen, zeigt sich Salpeter in der Oberfläche des Gesteins; die salpeterhaltigen Stoffe, welche jährlich mehrmals eingesammelt werden, ersezen sich von selbst und werden auf die gewöhnliche Weise (s. u.) behandelt. Nach Lavoisier ist der Salpeter darin von Kochsalz und Chlorcalcium in verschiedener Menge begleitet. So gaben nach ihm Proben aus der Höhle von Fouquières $3\frac{1}{8}$, in der Nähe der Kirche von Mouffreau gesammelte $5\frac{3}{8}$, von einem andern Orte dagegen nur $1\frac{1}{4}\%$ salpeters. Kali nach der Zersetzung des mit Wasser ausgezogenen Salzgemenges durch Potasche. Höchst merkwürdig sind die Salpetergruben auf der Insel Ceylon, welche Davy seiner Zeit genau untersucht hat. Es sind dies natürliche Höhlen in einem Magnesia und Feldspath enthaltenden Kalkfelsen, welche sich durch das Ausbrechen des salpeterhaltigen Gesteins allmählig erweitert haben. Einige, wie die von Boulatwellegode dienen einem ganzen Heer von Fledermäusen als Zuflucht, deren Excremente sich darin anhäufen. In anderen fehlen diese Thiere gänzlich, wie in der Höhle von Memora, welche in einem waldbewachsenen Hügel von etwa 300 F. sich bei 100 F. Breite und 80 F. Höhe, 200 F. in die Tiefe erstreckt. Die Mächtigkeit der Decke ist also nicht sehr bedeutend, der Boden aber nackter Felsen ohne Ueberzug von Erde. Davy fand daselbst 16 Arbeiter beschäftigt, von denen jeder im Jahr $\frac{1}{2}$ Ctnr. Salpeter an die Regierung abliefern. Daß man schon seit 50 Jahren jährlich 6 Monate während der trockenen Jahreszeit die Förderung in dieser Höhle betreibt, mag den Beweis liefern, daß die Ausbeute im Ganzen wohl von Belang ist. Bei der Untersuchung einer Probe der Felsenmasse dieser Memorahöhle fand Davy in 100 Th.:

2,4	salpetersaures Kali
0,7	„ „ Bittererde
0,2	schwefelsaure „ „
26,5	kohlensauren Kalk
9,4	Wasser

und 60,8 in schwacher Salpetersäure unlöslichen Rückstand, aus Feldspath, Quarz, Glimmer und Talk bestehend. Das Kali stammt ohne Zweifel von dem verwitterten Feldspath und fand sich unter den salpetersauren Erden stets, mochten diese Bittererde oder Kalk sein. Die Ausbeutung dieser Salpeterhöhlen ist einfach, wohlfeil, aber ziemlich roh. Die Arbeiter lösen das Gestein von der inneren Oberfläche mit eisernen Werkzeugen los, und mengen die kleingeschlagene Masse mit Holzasche zu ungefähr gleichen Theilen. Wenn nun Wasser aufgegoßen wird, so geben die auflöslichen Erdsalze ihre Säuren, besonders die Salpetersäure an das Kali der Asche ab und fallen als kohlensaurer Kalk und Bittererde nieder. Die klar abgegossene Lauge, welche nun den durch den Potaschenzusatz gebildeten und den schon vorher vorhandenen Kalisalpeter enthält, läßt man zuerst in Gruben ablaufen, wo die Verdampfung anfangs allein durch die heiße

Vorkommen
des fertig gebil-
deten Salpeters.

Sonne jener Gegenden vor sich geht, bis man, um den Krystallisationspunkt zu erreichen, Pfannen anwendet. Was nach dem Erkalten anschießt, ist Rohsalpeter, und wird sogleich versendet.

Ähnliche Höhlen kennt man an der Küste des adriatischen Meeres in Italien (Pulo di Mosetta), an einigen Punkten in Nordamerika (in Tennessee, Kentucky, am Missouri- und Crookedfluß), in Africa und Teneriffa.

Etwas abweichend ist das Vorkommen der fertig gebildeten salpetersauren Salze in Südamerika, einigen Gegenden Indiens, Arabien, Aegypten, Persien, Spanien und Ungarn. In Indien ist es besonders Bengalen, und die Umgegend von Patna, wo ein großer Theil von dem Salpeter des europäischen Handels gefunden wird, den man in Chiopera versiedet und über Houghly versendet. In Ungarn zeichnen sich die Gegenden von Semerny, Debreczin und Nagy-Kallo durch Salpetergruben aus und versehen die verschiedenen Siedereien im Biharer, Szaboltscher und Szathmarer Comitat (dem Freiherren von Baj gehörig), so wie die zu Parndorf und Zornsdorf in der Wieselburger, zu Norod und Würus in der Schumeger, zu Szelnitz in der Kiptauer, zu Neusohl in der Sohler Gespannschaft und zu Dedenburg und Raboth im Dedenburger Comitat. Diese Salze finden sich an den genannten Orten, oft in einer sehr großen Ausdehnung, aber immer nur in geringer Tiefe, soweit nämlich, als die Luft bequem eindringen kann. Der einsickernde Regen und Thau wird natürlich die vorhandenen Salze auflösen, so daß der Boden nicht eigentlich von Wasser, sondern von einer schwachen Salpeterlösung befeuchtet ist. Wenn nun diese Lösung durch Sonne und Luftzug oberflächlich verdunstet, so wird die verlorene Feuchtigkeit von unten her, vermöge der porösen Beschaffenheit des Bodens, also in Folge der Haarröhrchen-Anziehung durch neue Salpeterlösung ersetzt, welche ebenfalls verdunstet u. s. f. Dadurch wird aller Salpeter allmählig von allen tieferliegenden Schichten an die Oberfläche gebracht, wo er nach der Verdunstung zurückbleibt und sich während des trocknen Wetters in beträchtlicher Menge als Auswitterung anhäuft, bald in festeren Krystallen, bald in feinen büschelförmigen Fäden. Beim Einsammeln erhält man eine mit Erde gemengte Salzmasse. Davy fand in einer bengalischen Salpetererde aus dem Districte Tirhoot:

8,3	salpetersaures Kali
3,7	salpetersauren Kalk
0,8	schwefelsauren Kalk
0,2	Rohsalz
35,0	kohlensauren Kalk mit Spuren von Bittererde
12,0	Wasser, worin etwas organische Stoffe und
40,0	in Salpetersäure unlösliche Theile
100,0	

Das Verfahren mit dieser Erde ist im Grunde das nämliche, wie mit dem Salpeter-Gestein der Höhlen, bis auf den Zusatz von Asche, welcher sehr oft wegen Mangel an diesem Material unterbleibt, was um so eher angeht, als die Erde, wie man sieht, schon an und für sich sehr reich an Kalisalpeter ist. Es bleibt alsdann salpetersaurer Kalk in der Mutterlauge, der nicht berücksichtigt

wird. Gerade so behandeln die Ungarn die Erde, nachdem sie mit dem Pflug aufgerissen und eingesammelt ist. Sie findet sich, wie bemerkt, reichlich in diesem Lande, meist an sumpfigen Orten z. B. am alten Flußbette der Theiß, am linken Ufer dieses Flusses an Orten, welche seinen Ueberschwemmungen ausgesetzt sind, in der Nähe gewisser Salzwassersümpfe u. a. a. D. Es liefern daselbst 100 D. Klasten heff. jährlich nach 6maligem Einsammeln $4\frac{1}{3}$ Etr. ($93\frac{1}{4}$ Etr. rh. auf 100 rh. D. Ruthen) unreinen Salpeter. — Auch Spanien ist reich an Boden mit Salpeterauswitterungen in Neucastilien, Arragonien, Catalonien, la Mancha, Granada u., welche, wie schon Proust bestätigte, in Saragossa, Alcazar de San-Juan, Tremblaque u. ausgebeutet werden.

Alle im Vorstehenden gegebenen Thatsachen und Beobachtungen zusammen genommen, sieht man sogleich, daß die Fundörter, welche von selbst und unabhängig von den sie bewohnenden Menschen und Thieren Salpeter liefern, beinahe ausschließlich den heißen Himmelsstrichen angehören. Denn während der Boden jener Gegenden ohne weiteres Zuthun reichlich den eigenen Bedarf und zum Theil noch den auswärtigen Handel versorgt, während in diesem Erzeugniß der Kalisalpeter — um welchen es sich allein handelt — stets überwiegt, ist das Vorkommen ohne Zuthun entstandener salpetersaurer Salze in der gemäßigten Zone auf wenige, vereinzelte Punkte beschränkt, deren Ertrag gegen die Gesamtproduction von sehr geringem Belang ist. Nichts destoweniger geht eine Art künstlicher Salpeterbildung auch hier in großem Umfang vor sich, aber unter weiteren Bedingungen, welche sich nur in der Nähe bewohnter Gegenden vereinigen finden. Darunter ist denn vor Allem die Gegenwart von stickstoffhaltigen Materien, wie Pflanzentheilen der Art, thierischen Abfällen und Flüssigkeiten, Urin, Excrementen, Blut u. s. f. zu verstehen, welche, wenn sie in der Umgebung von starken Salzbasen, z. B. Kali, Kalk, Bittererde faulen und verrotten, diese allmählig in salpetersaure Salze verwandeln. Darunter wird der Kalisalpeter, den salpetersauren Erden gegenüber, verhältnißmäßig nur in geringer Menge gefunden, weil, wie bekannt, der Gehalt an Kali in einem Boden, wenigstens so weit es aufgeschlossen ist und also in Betracht kommt, weit gegen die Erden zurücksteht.

Alle Beobachtungen und Erfahrungen kommen nun darin überein, daß bei der Bildung des Salpeters stets folgende Bedingungen erfüllt sein müssen, nämlich:

Gegenwart der bereits genannten Basen, Kalk, Bittererde, Kali und zwar in einem lockeren, porösen Zustande, so daß leichte Durchdringung stattfinden kann. So z. B. im Mergel, in der Kreide, Bauschutt u., nicht aber im Marmor, Dolomit, Feldspath und a.; alsdann:

Gegenwart von Feuchtigkeit, so daß die salpeterbildenden Stoffe davon gleichmäßig durchdrungen, aber keineswegs überschwemmt sind; ferner:

Eine Temperatur von 15° bis 20° C., denn schon die Kälte von 0° ist hinreichend, den ganzen Vorgang zu unterbrechen. Endlich:

Ungehindelter Zutritt der Luft.

Soweit sind diese Anforderungen von ganz allgemeiner Geltung; für die kälteren Gegenden kommt aber noch hinzu die

Gegenwart von faulenden Pflanzen- oder Thierstoffen,

Salpeterbildung in gemäßigten Klimaten.

Salpeterbildung in gemäßigten Klimaten. welche Stickstoff enthalten. Der Einfluß des Lichts scheint mehr befördernd, als gerade unbedingt nothwendig zu sein.

Wie leicht zu ermessen, ist es für die Bildung salpetersaurer Salze sehr gleichgültig, ob diese Bedingungen sich zufällig vereinigt finden, oder erst absichtlich hervorgerufen werden. In der That gewinnt man das Salpeterrohmaterial unter den gemäßigten Klimaten ebensowohl durch fabrikmäßig eingeleitete Salpeterbildung, als durch Auffammeln von Stoffen, worin die Erzeugung sich zu entwickeln von selber Gelegenheit gefunden. Die Einrichtungen, worin man künstlich Salpetererde erzeugt, heißen Salpeterplantagen; was man dagegen durch Sammeln an verschiedenen Orten zusammenbringt, nennt man Kehr-
salpeter auch Gayerde und Gaysalpeter.

Einige Beispiele werden am besten zeigen, wie man die verschiedenen Gelegenheiten am besten benützt.

Mauersalpeter.

In stark bevölkerten Städten mit engen Straßen, wo sich die Excremente der Zugthiere, der Abfall der Schlächtereien und ähnlicher Gewerbe, Spülwasser aus den Häusern, Abfälle von den Märkten, wo man Fleisch, Geflügel, Fische und andere Nahrungsmittel verkauft, wo sich diese und viele derartige Dinge mit dem flüssigen Inhalt der Gassen vermischt und in fortwährender Fäulniß begriffen ist, sieht man, wie der Mörtelverputz an dem Fuße der Außenmauern nach und nach zerfressen wird und sich mit schneeartigen, weißen, krystallinischen Ausblühungen bedeckt, eine Erscheinung, welche im Bauwesen wegen ihrer Zerstörungen sehr gefürchtet und »Salpeterfraß« genannt wird. Ebenso geschieht es häufig an anderen Stellen der Mauern, welche nicht gerade von Straßenkoth bespült werden, aber doch dem Einsickern von ähnlichen Flüssigkeiten, z. B. aus den Kanälen von Abtritten, oder vom Urin der Thiere in den Ställen ausgesetzt sind. Wie nothwendig es ist, vor dem Einsammeln solche Auswitterungen durch den Geschmack, oder besser durch Auslaugen und Untersuchen des eingetrockneten Salzes zu prüfen, geht aus den Beobachtungen von Kuhlmann hervor, welcher gezeigt hat, daß dieselben noch häufiger aus dem Kalkstein herrührende schwefelsaure und kohlensaure Alkalien, als salpetersaure Salze sind.

Salpetergewinnung in der Schweiz.

Die Erde unter dem Boden der Ställe, um Miststätten herum, auch in den Kellern der Wohnhäuser, wo häufig die Ueberreste von Gemüse und anderen Vorräthen liegen bleiben und faulen, ist ein sehr brauchbares Material. So hat man in der Schweiz, in Appenzell z. B., die Lage der Ställe an Bergabhängen, wenn sie sonst nicht zu trocken und mehr gegen Norden ist, zu einem förmlichen Betrieb auf Salpeter zu benutzen gewußt. Wenn nämlich das Gebäude mit dem Eingange gegen den Berg und mit der gegenüberliegenden Seite auf Balkenstützen oder einem erhöhten Fundamente aufruht, so liegt der Boden des Stalls natürlich hohl. Man gräbt nun unter dem Gebäude 2 bis 3 F. tief aus, soweit als der Diehlenboden des Stalls geht und füllt die Grube mit einer sandigen Erde aus, welche den abfließenden Urin u. aufnimmt. Nach zwei bis drei Jahren ist diese Erde hinreichend mit Salpeter geschwängert und kann ausgelaugt werden, was später nach jedem Jahre geschieht, denn die Sal-

petersieder wollen wissen, daß die einmal gebrauchte Erde, welche sie wieder unter den Stall zurückbringen, viel geeigneter ist, als die frische.

Diese Einrichtung kann man schon als eine rohe Plantage betrachten; ebenso die in Longpont in Frankreich, wo man den Steinbruch benutzt, welcher vom Bau der Abteikirche dieses Ortes herrührt. Er ist dem Luftwechsel noch hinreichend zugänglich und immer sehr feucht. Man schichtet nun darin Erde und Dünger in je 4 Zoll starken Lagen zu einem Haufen übereinander und bedeckt diesen mit Erde. Da ein eigentliches Begießen wegen hinreichender Feuchtigkeit nicht erforderlich, so begnügt man sich, die Jauche aus den benachbarten Ställen auf den Haufen zu leiten, wodurch die Menge der stickstoffhaltigen Theile noch beträchtlich vermehrt wird. Nach Ablauf des zweiten Jahres ist der Haufen zu einer gleichförmigen Erdmasse verrottet und muß nun mehr nach dem Eingange des Steinbruchs (an die Luft) geschoben werden, wo man ihn zeitweise umsticht, bis er allmählig, nach zwei weiteren Jahren, zum Auslaugen reif geworden. Man soll dort aus dem Dünger von 25 Stück Kühen, Eseln und Maulthieren 10 bis 12 Etr. Salpeter erhalten.

Schon vor beinahe 70 Jahren hat Lhoubenel einen Vorschlag gemacht, welcher auf ähnlichen Grundsätzen beruht und von Sachverständigen als mit der (franz.) Landwirthschaft leicht zu vereinigen, empfohlen wurde. Dieser Vorschlag beabsichtigt, die Salpetererdegewinnung mit den Schäfereien, durch Verwendung eines Theils der Schaafexcremente zu verknüpfen. Ob man übrigens durch diese Düngerentziehung der Landwirthschaft nicht mehr schadet, als man auf der andern Seite gewinnt, ist eine besondere Frage. Die Vorbereitung beginnt damit, daß man die Erde in den Ställen und Pferchen etwa einen Fuß tief auslockert und das Vieh gehörig mit Streu versorgt. Während nun die Excremente der Schaafe damit allmählig einen Dünger bilden, so saugt die lockere Erde, ohne sich mit diesem selbst zu vermischen, die flüssigen Theile davon auf. Man kann deswegen, wenn es nach einigen Monaten nöthig geworden, den Streudünger oben abheben, um die darunterliegende alte Erde umzustechen und durch Auslegen einer neuen Schichte frischer Erde zu fernerm Aufsaugen geschickter zu machen. Diese Arbeit wird einigemal des Jahres wiederholt, worauf die Erde hinreichend mit Düngerbestandtheilen durchdrungen ist, um sie der eigentlichen Salpeterbildung zu unterwerfen. Dies geschieht in einem lustigen Schuppen, wo die Erde 3 Fuß hoch innerhalb einer Art Damm aufgeworfen, monatlich einmal umgestochen und inzwischen mit Mistjauche begossen wird. Nach zwei Jahren ist die Erde reif.

In Schweden macht die Lieferung von Salpeter einen Theil der Abgaben aus, der deshalb von den Landleuten selbst auf den Gütern in hölzernen Verschlägen oder kleinen Hütten dargestellt wird, deren Boden mit Lehm oder Brettern gedichtet ist. Man häuft darin ein Gemenge von lockerer Erde, Abgängen aller Art, thierischen und pflanzlichen Ursprungs mit Kalk, Mergel oder ausgelaugter Asche, welches man von Zeit zu Zeit mit dem Harn der Zugthiere begießt, theils um die Masse feucht zu erhalten, theils um den Salpeter zu vermehren, denn keine thierische Flüssigkeit ist so reich an Stickstoff, als der Urin. Während des Sommers schaufelt man den Haufen wöchentlich, im Winter monatlich einmal um und arbeitet dahin, denselben stets so locker wie möglich zu erhalten, was

man am besten durch Dazwischenlegen von Reisig oder Einstechen von Löchern erreicht. Auch glaubt man, daß der Salpeter sich besser bei verschlossenen Läden als bei Zutritt des Lichtes bilde, was im Ganzen 2 bis 3 Jahre dauert.

Die Plantagen.

Bei größeren Anstalten, also den eigentlichen Salpeterplantagen, bildet, wie bei der Methode von Thouvenel, die Anschaffung der sogenannten Salpetererde und die Einleitung des Salpeterbildungsprocesses in dieser, zwei getrennte Einrichtungen. Entweder sammelt man mit gefaulten stickstoffhaltigen Substanzen geschwängerte Erde, »die Muttererde«, in den Ställen, Aengern, Schlächtereien u. s. f. der Umgebung, oder man errichtet eigene sogenannte Faulhausen, worin solche Erde zubereitet wird. Alles, was man dazu verwenden kann, ist überhaupt dreierlei: theils sind es Vegetabilien, wie Unkraut (besonders die Solaneen, Euphorbiaceen, Pilze, Schwämme, welche am stickstoffreichsten sind), Erbsen-, Bohnen-, Mais-Stroh, Sonnenblumen zc.; theils feste thierische Abfälle, wie Dünger der Vögel und Vierfüßler, Schlamm aus stehenden Wassern, Straßenkoth, Fleischtheile, Abschnitzel der Gerbereien zc., theils endlich Flüssigkeiten mit stickstoffhaltigen Materien, wie Urin, Sauche, Waschwasser von blutigem Fleisch, von Käse u. s. f. Auf eine Lage von Erde breitet man die krautartigen Stoffe zuerst, darauf die anderen festen Materialien bis einige Fuß hoch und bedeckt das Ganze mit einer zweiten Lage Erde. Die Flüssigkeiten dienen zum Begießen der Faulhausen, welche durch und durch feucht, aber nie naß sein müssen. Um das Einsickern zu erleichtern, sticht man von oben Löcher ein, bis gegen die Mitte hin. Nach und nach verlieren die eingemengten Theile Ansehen und Gestalt und verrotten zu einer gleichmäßigen Masse, welche man alsdann mit der unterliegenden Erde zusammenmengt. Es ist gewiß, daß während der Fäulniß aus einem solchen Haufen, wo die Basen nur in spärlicher Menge vorhanden sind, ein sehr großer Theil des Stickstoffs als Ammoniak entweicht und um somehr als Verlust an Salpeter zu betrachten ist, weil ebendieser Körper aller Wahrscheinlichkeit nach den wahren Ausgangspunkt der Salpeterbildung abgibt.

Die Muttererde muß mit dem Mauersechutt, Mergel, lockerem Kalk, Kalkäcker (den erforderlichen Salzbasen), gleichförmig gemengt und bei fortwährender Feuchterhaltung der Einwirkung der Luft preisgegeben werden. Hieraus entspringt denn die Nothwendigkeit, der Masse eine große Oberfläche zu geben, sie also in Haufen aufzuschichten, da das Ganze auch nicht übermäßig viel Raum wegnehmen darf. Da nun, wenn die Höhe der Haufen mehr als eine Klafter beträgt, der obere Theil leicht zu sehr austrocknet, und auch zuletzt das Auffahren dadurch zu mühsam wird, so hat man, je nach dem Vorwalten einer dieser Rücksichten, den Haufen verschiedene Form gegeben. Wenn kein Dach dem Haufen Schutz vor dem Regen gewährt, so muß die Natur und Neigung des Bodens möglich machen, das nach dem Regen abgelaufene Wasser in einer Grube zu sammeln. Der Boden ist also am besten eine Thonschichte, auch müssen die Haufen gegen den herrschenden Wind gerichtet und durch ihre Lage vor Versumpfung und Ueberschwemmung gesichert sein. Die Erfahrung lehrt endlich, daß ein Grad von Feuchtigkeit, wie bei der gewöhnlichen Gartenerde, dem Zweck am meisten entspricht. Gewöhnlich giebt man den Haufen die Form einer abgestuften Pyramide, welche bei einer Dicke von 6 — 7 Fuß eine Höhe von etwa

einer Klasten erreicht und alle 15 Fuß etwa einen Durchgang frei läßt; überhaupt müssen die verschiedenen Haufen immer Zwischenraum für die Karren gewähren, womit man sie aufwirft und abträgt. Die Abstufungsfläche der pyramidalen Haufen macht man gerne gewölbt, aber so, daß die Wölbung nicht ganz die Breite des Haufens erreicht. Den Raum zu beiden Seiten benützt man zu Längsrinnen, welche den Vortheil gewähren, daß die aufgegossene Sauche, welche man zum Feuchthalten der Erde in besonderen Behältern vorräthig hält, nicht sowohl in der Mitte, als vielmehr in den Schichten der Außenflächen herabrinnt, einem Ort, wo gerade die Verdunstung am stärksten ist und die Bildung des Salpeters zunächst statthat.

Daß diese bis zu einem gewissen Punkte fortgeschritten ist, erkennt man an einem weißen, feinen schimmelähnlichen Ueberzug der Oberfläche, welcher ausgewitterte salpetersaure Salze sind. Wenn nun 1000 C. Z. davon ungefähr $4\frac{1}{2}$ Loth Salpeter geben, so erklärt der Salpetersieder die Erde für reif, ein Zeitpunkt, der in der Regel ein 3jähriges Liegen voraussetzt. Für je 10 Ctr. Salpeter, welche jährlich gewonnen werden sollen, müssen also wenigstens 120 C. Rftr. (= 53,3 C. Ruthen rh.) Erde in Haufen liegen, wovon jedes Jahr $\frac{1}{3}$ reif wird. Obgleich es kein zuverlässigeres Mittel giebt, um sich von dem Gehalte der Erde zu unterrichten, als ein einfaches Probeauslaugen von einigen Cubikfuß, so halten es die Arbeiter doch meist für hinreichend, die Erde nach dem Grade des kühlenden Geschmacks zu beurtheilen, den die Probe auf der Zunge erregt. Daß dabei um so gröbere Täuschungen unterlaufen müssen, als der Salpeter nicht so gleichmäßig vertheilt ist und in einer Handvoll leicht über oder unter dem mittleren Gehalte der Masse sein kann, ist einleuchtend. — Nachdem nun die Reife der Erde auf diese oder die andere Art erkannt worden, ist es der Ersparung von Zeit und Arbeit wegen von Wichtigkeit, die Menge der Erde, woraus der erzeugte Salpeter nachher ausgelaugt werden soll, so sehr als immer möglich einzuschränken, was natürlich nur dadurch geschehen kann, daß man die salpeters. Salze in einem Theile der Erde sich anhäufen läßt. Dazu bietet nun der nämliche Grundsatz, welcher schon oben in Bezug auf das Auswittern des Salpeters aus dem Boden in Bengalen erörtert wurde, ein sehr bequemes Mittel. Die Sache verhält sich folgendermaßen. Wenn die Reife der Erde nahe ist, so hört man vor allem mit Begießen von Sauche auf, weil alsdann zur Salpeterbildung der stickstoffhaltigen Theile keine Zeit mehr bleibt und diese folglich die Salpeterlauge ohne Zweck bedeutend verunreinigen würden. Von nun an wird von obenher kein Ersatz mehr für die Feuchtigkeit stattfinden, welche an der Oberfläche verdunstet und ihren Salpeter dort zurückläßt, aber die vorhandene Feuchtigkeit der Masse wird sich vermöge der Haarröhrchen-Wirkung von innenher ersetzen, um ebenfalls zu verdunsten u. s. f. Auf diese Art wird es nun möglich, den Salpeter in der äußeren Erdschichte sich in einem gewissen Grade anhäufen zu lassen, um diese dann mit einem stumpfen Besen oder einer eisernen Scharre, auf 2 — 3 Zoll Tiefe abzukragen, was man mehrmals im Jahre wiederholt. Die gesammelte Erde kann in der Regel nicht unmittelbar verarbeitet werden, deshalb ist es vortheilhaft, dieselbe unter den Schuppen, wo sie zu Vorrath liegt, häufig umzuschaukeln und mit Wasser (nicht Sauche) anzuspürgen, wodurch

Die Plantagen. sich der Salpeter noch etwas vermehrt. — Zuletzt bleibt von dem ganzen Haufen ein Kern übrig, der so wenig Oberfläche hat und so geringhaltig ist, daß dem Einsammeln der Auslauge-Erde damit eine Grenze gesetzt und eine Erneuerung nothwendig ist. Dazu dient nunmehr und für die Folge nicht bloße Muttererde, sondern zum großen Theil auch die schon ausgelaugte Erde so lange, bis sie endlich untauglich und erschöpft ist. Man will die Erfahrung gemacht haben, daß Erde mit einem kleinen Rückhalt an Salpeter die neue Bildung dieses Salzes kräftiger anrege, als ganz »todgelaugte« Erde. An einigen Orten finden es die Salpetersieder hinreichend, das Gemenge um den Kern herum einfach bis zu dem ursprünglichen Umfang aufzuhäufen, den Kern zu »begränzen«, während es andere für gerathen halten, den Kern zuvor abzutragen, mit der frischen Erde untereinander zu mengen und daraus erst den neuen Haufen aufzuführen.

Von dieser Methode verschieden, aber in manchen Punkten dem Zweck entsprechender, ist die in Preußen gewöhnliche Behandlung der Salpetererde; man errichtet dort nämlich Haufen mit senkrechten Wänden, die darum sehr passend »Mauern« genannt werden. Die dem Winde zugekehrte Wand ist einfach und flach, die gegenüberstehende Seite aber bildet Stufen bis herab, um dem Ganzen mehr Festigkeit zu geben. Auf den einzelnen Absätzen sind Rinnen zum Begießen angebracht, aus welchen das Abgeflossene in einen Behälter zusammenläuft. Weil nach dieser Einrichtung das Begießen auf der Rückseite, die Verdunstung dagegen vorzugsweise auf der Windseite stattfindet, so muß sich der Salpeter nach und nach dahin ziehen, von wo denn auch von Zeit zu Zeit das Abkrägen stattfindet. Ebenso viel, als vorn reife Erde weggenommen, wird von hinten, also an den Absätzen, an ausgelaugter und Muttererde zugesetzt, dergestalt, daß die Mauer unter Beibehaltung ihrer Gestalt und Dicke allmählig nach hinten zu vorrückt und zwar immer in gleichem Abstände mit den benachbarten. Auf diese Art kommt man nie in den Fall, die einmal eingeleitete Salpeterbildung durch Abtragen der Haufen stören zu müssen, was darum sehr nachtheilig, weil dieser Proceß ungleich schwieriger einzuleiten, als im Fortschreiten zu erhalten ist.

Die bedeutende Einfuhr des indischen Salpeters hat übrigens neuerdings den kostspieligen und umständlichen Betrieb der Plantagen beinahe gänzlich in den Hintergrund gedrängt.

Theorie der
Salpeter-
bildung.

Wenn man die Gewinnung des Salpeters in ihren verschiedenen Wegen zusammenfaßt, so springt deutlich in die Augen, daß von einer eigentlichen künstlichen Erzeugung dieses Salzes niemals die Rede ist. Was man in der Ausübung so nennt, also der Betrieb der Plantagen, ist die bloße Erfüllung und Vereinigung von gewissen Bedingungen, von denen man einmal die Erfahrung gemacht hat, daß sie zu jenem selbstthätigen Vorgange chemischer Natur unerlässlich sind, welcher mit der Bildung der salpetersauren Salze endigt. Die Arbeit Derjenigen, welche in den Plantagen beschäftigt sind, ist ohne allen unmittelbaren Einfluß auf diesen Vorgang und bewirkt nichts weiter, als eine Beseitigung aller ihm drohenden Störungen und das Aufrechterhalten jener bereits namhaft gemachten Bedingungen.

Diese sind nun durch zahlreiche Beobachtungen aufs bestimmteste ermittelt

und bekannt geworden. Schon Glauber und nach ihm Stahl (1698) haben sich mit diesem Gegenstande beschäftigt; ebenso hat Lavoisier 1777 seine Ansichten in einer besonderen Denkschrift ausgesprochen; nachdem endlich die franz. Regierung im J. 1775 einen Preis auf die beste Abhandlung »über die, der Salpeterbildung zu Grunde liegenden Ursachen und deren praktische Ausführung« ausgeschrieben, nachdem die gekrönten und sonst beachtungswerthen unter den 66 eingereichten Schriften von der Commission der Akademie mit ihren eigenen Erläuterungen und Betrachtungen in einem umfassenden Berichte erschienen waren, ist die daraus hervorgegangene Kenntniß wieder in der neueren Zeit durch die wichtigen Untersuchungen von Kuhlmann sehr erweitert und vermehrt worden. So genau man nun daraus die Bedingungen der Salpeterbildung erfahren hat, so haben doch die genannten Untersuchungen und unter den neueren, die von Gay-Lussac, Liebig u. A. auf den inneren Zusammenhang des Vorgangs zwar mit großer Wahrscheinlichkeit hingeführt, ohne daß es ihnen übrigens gelungen ist, ihre Ansichten zur bewiesenen Thatsache zu erheben.

Die ganze Erklärung des Vorgangs läuft in der Frage zusammen, woher die Elemente der gebildeten Salpetersäure, besonders der Stickstoff abstammen.

Was zuerst die nahe liegende Vermuthung betrifft, als ob die beiden Hauptbestandtheile (freier Stick- und Sauerstoff) der atmosph. Luft die Quelle dieser Elemente wären, so findet diese durch die Beobachtung gerade am wenigsten Bestätigung. Es ist zwar bekannt, daß der Blitz durch die Luft fahrend, die berührten Lufttheile zwingt, zu Salpetersäure zusammenzutreten, die man sehr häufig im Regen- und Quellwasser wieder nachweisen kann, aber diese Wirkung ist so beschränkt und so selten, daß man darin eine Erklärung der Salpetersäurebildung um so weniger finden wird, als diese Erscheinung ihrer Natur nach nicht auf alle Fälle anwendbar ist. Denn der Salpeter kann sich unter Umständen bilden, wo eine Zufuhr der in der Luft gebildeten Salpetersäure zu dem Kalk u. ganz ausgeschlossen ist. Ebenso unhaltbar ist die (früher von Longchamp ausgesprochene) Meinung, welche die Verbindung des freien Stickstoffs und Sauerstoffs der Atmosphäre ohne weiteres einer, dem Platinschwamm ähnlichen Wirkung der porösen Mineralbestandtheile des Bodens zuschreibt. Fontanelle konnte in ungewaschenem und ausgewaschenem Kalksand, in gewaschenem und nicht ausgewaschenem Granitpulver, nachdem er dieselben zu halben Centnern und mit destillirtem Wasser befeuchtet, 3 Jahre lang vor Regen geschützt der Luft ausgesetzt hatte, keine Spur von salpetersauren Salzen nachweisen. Dagegen konnte unter denselben Umständen aus Ackererde mit Kalkschutt gemengt 4 %, mit $\frac{1}{10}$ Schaafmist $5\frac{1}{2}$ %, mit $\frac{1}{10}$ Pferdemist 5 %, mit $\frac{1}{10}$ Kuhmist $4\frac{1}{2}$ %, mit thierischer Düngererde 6 % und mit Düngererde und $\frac{1}{5}$ Kalkschutt zu gleicher Zeit gemengt 8 % ausgezogen werden. Denselben Erfolg gewährt die Kreide, welche nicht für sich, sondern erst, wie die Beobachtungen lehren, in Berührung mit stickstoffhaltigen Substanzen Salpeter giebt. —

Der Stickstoff der Salpetersäure stammt also nicht aus dem, frei in der Atmosphäre enthaltenen; er wird im Gegentheil sehr wahrscheinlich von den gefaulten Thier- und Pflanzenstoffen hergegeben. Wenn solche stickstoffhaltige Verbindungen — welche sammt und sonders in hohem Grade zusammengesetzt

Theorie der
Salpeters-
bildung.

sind — in Fäulniß übergehen und zu einfacheren, beständigeren zerfallen, so hat sich in allen Fällen gezeigt, daß der Stickstoff, bei seiner überwiegenden Anziehung zum Wasserstoff, stets damit zu Ammoniak zusammentritt, eine Verbindungsweise, welche ihm, unter den herrschenden Umständen, so zu sagen die bequemste ist. So ist es Kuhlmann bei seinen Versuchen jedesmal gelungen, dann Ammoniak zu erzeugen, wenn Wasser- oder Kohlenwasserstoff im Augenblick ihres Entstehens mit freiverdendem Stickstoff in Berührung kam. Demnach muß die Bildung des Ammoniaks, der Salpeterbildung aus Thierstoffen stets vorausgegangen sein und in der That hat der nämliche Naturforscher dargethan, daß die Erzeugung von Salpetersäure (mit Ausnahme des Cyans) allein durch Zersetzung des Ammoniaks thunlich ist. Ein Gemenge von Ammoniakgas (oder kohlensaurem Ammoniak) mit Luft über Platinschwamm strömend, giebt (bei 300°) reichlich Untersalpetersäure ($\text{N}_2\text{H}_6 + 7\text{O} = \text{N}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$), welche mit Wasser leicht zu Salpetersäure wird. Aber auch bei der gewöhnlichen Temperatur geht die Drydation des Ammoniaks vor sich; E. de Martigny fand Ammoniak, welches mit Luft über Kalkmilch abgesperrt war, im Sommer nach 6 Wochen in Salpetersäure verwandelt. Das Ammoniak ist aber darum so sehr geeignet, bei seiner Drydation Salpetersäure zu geben, weil neben wasserfreier Salpetersäure, welche für sich unbekannt und ganz unbeständig ist, auch das zu ihrem Bestehen erforderliche Wasser aus dem Wasserstoff gebildet wird.

Wenn man den Ursprung des Stickstoffs der salpetersauren Salze in den organischen Materien sucht, so darf doch der Umstand nicht übersehen werden, daß dazu sehr beträchtliche Mengen gehören. Selbst unter der Voraussetzung, daß kein Verlust stattfindet, sind 260 bis 866 Pfd. menschliche Excremente, 433 Pfd. Harn, 2600 Pfd. Ruherexcremente oder 1024 Pfd. frisches Muskelfleisch erforderlich, um den Stickstoff von 100 Pfd. Salpeter zu liefern. Man begreift darum nicht sogleich, wie an manchen Orten, wo die organischen Ueberreste nur spärlich vorhanden sind, oder gänzlich fehlen, der Salpeter entstanden ist, z. B. auf Roche Guyon oder Ceylon, woselbst die Fledermauserexcremente, deren Gegenwart man zur Erklärung der Salpeterbildung auch wohl benutzt hat, in manchen Höhlen gar nicht vorhanden sind, die nichts destoweniger Salpeter liefern, wie die übrigen. Es ist nun ausgemacht, daß durch das ewige Absterben von Thieren und Pflanzen fortwährend Massen ihrer Leichen in Fäulniß begriffen sind und diese somit die Quelle des beständigen Ammoniakgehaltes der Luft abgeben müssen, während auf der andern Seite die porösen Gesteine der Erdoberfläche und die Dammerde, dasselbe Ammoniak begierig in sich aufsaugen und verdichten. Sonach würde der Stickstoff in diesem Falle noch immer von den organ. Stoffen bezogen, aber auf Umwegen dem Herde der Salpeterbildung nahe gebracht. Der Versuch der franz. Commission von Akademikern mit Kreide, welche durch Auswaschen sorgfältig von allem Löslichen befreit und in einem durchbrochenen Korb über faulendem Blut aufgehängt war, beweist dies unmittelbar und schlagend, denn man erhielt nach wenigen Monaten $2\frac{1}{2}\%$ salpeters. Kalk daraus. Außerdem muß alle Salpetersäure der Quellwasser, worin man sie sehr häufig gefunden hat, in dem Gestein jener Höhlen beim Durchsickern der Tagewasser durch die nicht sehr mächtige Decke, zurückbleiben.

Wenn es nach dem Vorhergehenden so gut als erwiesen scheint, daß das Ammoniak unmittelbar aus faulenden organischen Stoffen, oder aus der Luft durch seine Oxydation die Salpetersäure liefert, so muß sich der denkende Beobachter die Frage stellen, warum alsdann die Salpeterbildung nicht ganz allgemein an allen Punkten der Erdoberfläche angetroffen wird, wo sich nur die nöthigen Salzbasen zur Aufnahme der gebildeten Säure vorfinden. Was bei sehr vielen anderen Zersetzungen der Fall ist, gilt auch hier: es können nämlich sehr häufig alle Bedingungen einer chemischen Thätigkeit erfüllt sein, ohne daß diese darum eher, als nach einem von außen erfolgten Anstoß in's Leben tritt. Dieser Anstoß geht am häufigsten und am wirksamsten von einer andern bereits im Gange begriffenen chemischen Thätigkeit aus. So kann das Zerfallen des aufgelösten Zuckers in Kohlensäure und Alkohol, noch ehe es von selbst erfolgt, dadurch eingeleitet werden, daß man einen in Zersetzung begriffenen Stoff (die Hefe) mit ihm zusammenbringt. Durch genaue Erwägung aller Umstände und sorgsame Vergleichung ähnlicher Vorgänge und Erscheinungen ist man nun zur Annahme hingeleitet worden, daß die Salpetersäurebildung nur in dem Bereich der Verwesung anderer Stoffe statthat, und nur dadurch eingeleitet werden kann. Also nur an Orten, wo dieser Anstoß mächtig genug und zugleich die anderen Bedingungen erfüllt sind, kann der fragliche Proceß eintreten. Die Verwesung des Ammoniaks zu Salpetersäure findet in diesem Falle auf gleiche Weise Statt, wie die des Fuselöls im Kartoffelbranntwein, welches sich in den Essigfässern nur darum zu Baldriansäure oxydirt, weil es sich neben Alkohol befindet, welcher gerade in einer Umwandlung in Essigsäure durch den Luftsauerstoff begriffen ist.

Wie schon berührt worden, läßt sich die Verwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure durch Versuche bis jetzt entweder nur bei 300° C. oder doch nur durch Vermittlung freier Basen darthun, beides Umstände, welche in der Natur nicht, oder nur ausnahmsweise vorhanden sind. Der Anstoß, welchen verwesende Substanzen in dem obigen Sinne geben, ist aber mächtig genug, um die Salpeterbildung auch bei gewöhnlicher Temperatur erklärlich zu finden, und die Zeit, welche derselben in der Natur gegönnt ist, überschreitet unendlich die Dauer gewöhnlicher Versuche. Nur unter den heißen Himmelsstrichen scheint das Ammoniak sich unmittelbar, wie es aus den stickstoffhaltenden Materien entwickelt wird zu Salpetersäure zu oxydiren. Wahrscheinlich ist nun die Rolle, welche dem Ammoniak bei der Salpeterbildung zukommt, eine doppelte: einmal die, seine eigenen Elemente zu Salpetersäure herzugeben, dann aber auch, die entstandene Säure vorübergehend zu salpetersaurem Ammoniak zu sättigen. Man muß, um über die Wichtigkeit dieses Punktes klar zu werden, sich den allgemein gültigen Satz vergegenwärtigen, daß eine chemische Zersetzung oder Veränderung immer um so leichter und zuweilen nur dann eintritt, wenn die entstandenen Producte sogleich Gelegenheit finden, ihre Anziehung zu anderen Verbindungen zu befriedigen; wie denn das Zink nur in dem Falle das Wasser zersetzt, wenn das gebildete Zinkoxyd bei seinem Auftreten eine Säure (Schwefelsäure) bereit findet, mit ihm zusammenzutreten. Die kohlensauren Erden besitzen keine basische Eigenschaften, können daher auch keine ähnliche Wirkung äußern, was dagegen bei dem kohlensauren Kali und Natron bekanntlich der Fall ist. Kuhlmann hat

Theorie der
Salpeters-
bildung.

nun gezeigt, daß auch das Ammoniak diese Rolle übernehmen kann, in der Art daß sich bei der Verwesung stickstoffhaltiger Materien, wenn die kohlensauren Alkalien gar nicht oder nur in unzureichender Menge zugegeben sind, doch salpetersaures Ammoniak bildet, welches auch in allen aus gewöhnlicher Salpetererde erhaltenen Laugen nachweisbar ist. Das salpetersaure Ammoniak und kohlensaure Erden (Kalk, Bittererde) oder Alkalien tauschen nachher ihre Bestandtheile gegen einander aus, so daß salpetersaure Salze und kohlensaures Ammoniak entsteht. In solchen Fällen, wo kohlensaures Kali oder Natron gänzlich fehlen, ist Kuhlmann sogar geneigt zu glauben, daß das Ammoniak, außer dadurch, daß es seine Bestandtheile zur Bildung der Salpetersäure herleihe, auch noch in ähnlicher Weise wirke, wie das Stickstoffoxyd bei den Schwefelsäure-Kammern (S. 197), als ein Vermittler. Denn, insofern die Erdfeuchtigkeit und Wasser überhaupt Luft aufgelöst, also verdichtet enthält, und zwar eine Luft, welche bis zu 13 % reicher an Sauerstoff, als die gewöhnliche, sei das Zusammentreten desselben mit dem Stickstoff (der Luft) so sehr erleichtert und vorbereitet, daß es durch das Hinzukommen der prädisponirenden Wirkung des Ammoniaks, selbst einer kleinen Menge, leicht zur Verwirklichung kommen könne. Das salpetersaure Ammoniak würde dann seine Säure an die Erden übertragen, dadurch kohlensauer und in diesem Zustande — eines Salzes von basischen Eigenschaften — wieder zu derselben Verrichtung befähigt werden um so mehr, weil es durch die Gegenwart von Feuchtigkeit, einer Hauptbedingung der Salpeterbildung, an einer zu raschen Verdunstung gehindert wird u. s. f. Diese Vermittlung durch Ammoniak würde möglicher Weise auch dann thätig sein, wenn organische Stoffe in hinreichender Menge vorhanden sind.

Zuweilen endlich darf man nicht übersehen, daß das Vorkommen des Salpeters die Folge eines längst abgeschlossenen Processes sein kann und seine Bildung nur darum unerklärlich scheint, weil sie gegenwärtig nicht mehr statthat und ihre Bedingungen lange erschöpft und nicht mehr vorhanden sind.

Die mit der reifen Erde weiter vorzunehmenden Verrichtungen bezwecken nacheinander: Die Abscheidung der salpetersauren Salze daraus, ihre Umwandlung in Kalisalpeter, dessen Krystallisation und Reinigung.

Der Salpetersieder hat vor Allem sein Augenmerk darauf zu richten, daß das Ausziehen der salpetersauren Salze mit so wenig Wasser als möglich bewerkstelligt wird (weil dieses später mit einem entsprechenden Aufwand von Brennstoff beinahe gänzlich wieder verdampft werden muß), und dabei nicht mehr Salze in der Erde zurückzulassen, als zu ihrer nochmaligen Verwendung in den Haufen erforderlich ist, nämlich ungefähr 1 bis $\frac{1}{2}$ %. In der Regel sind Laugen von 12 — 14 % siedwürdig. Soll die Leitung des Auslaugeprocesses mit Sicherheit in die Hand des Salpetersieders gegeben sein, so müssen ihm Werkzeuge zu Gebote stehen, die ihm jeden Augenblick und mit Leichtigkeit den Salpetergehalt der verschiedenen Laugen, wenn auch nicht mit voller Genauigkeit, doch sehr annähernd anzeigen. Dazu dienen eigene Salpeterareometer, deren Scala die Reihe der Punkte ist, bis zu welchen die Spindel in künstlichen Lösungen von 1, 2, 3, 4, 5, u. % Salpeter in Wasser einsinkt. Es wird also jeder Grad 1 % Salpeter anzeigen und zwar bei der Temperatur, bei welcher das Instrument

Das Aus-
laugen der
Erde.

getheilt wurde und zwar in reinen Lösungen vollkommen, in Rohlaugen — Das Auslaugen der Erde. — so nennt man die erste Auflösung aus der Erde — noch hinreichend genau für den bestimmten Zweck.

Das auszulaugende Material wird in Fässer mit doppeltem, strohbedecktem Boden und Hähnen gebracht (gerade wie in den Potaschesiedereien S. 248.) welche ebenso in 3 Reihen übereinander und durch Rinnen mit eingegrabenen Laugebehältern in Verbindung stehen. Der Gang der Arbeit beruht auf dem nämlichen Princip wie in jenem Falle, also darauf, daß die nämliche Menge Wasser so lange nach einander verschiedene Fässer mit Erde passirt, bis sie siedwürdige Lauge geworden und dieselbe Menge Erde so oft neues Wasser empfängt, bis sie auf 1 bis $1\frac{1}{2}$ % Salpeter erschöpft ist. Die Vortheile dieses Ganges, der für die Salpetererde insbesondere von dem Comité consultatif des poudre et Salpêtres de France, 1820 beschrieben und empfohlen wurde, lassen sich leicht in der folgenden Betrachtung übersehen. Gesezt man habe jedes Faß mit 6 C. F. Erde beschickt, deren Gehalt in der beschriebenen Weise auf 8 Pfd. gestiegen, gesezt ferner, diese halte jedesmal die Hälfte des aufgegossenen Wassers zurück und man gieße immer gerade soviel Wasser auf, als nöthig ist um die Erde bis unter die Oberfläche damit zu tränken (3 C. F.) so ist der Verlauf, wenn jedes Faß 4mal ausgelaugt wird und unter der Voraussetzung, daß man dem aufgegossenen Wasser Zeit läßt, allen Salpeter zu lösen, der folgende:

	aufgegossen auf d.	es bleiben zurück	und fließen ab
1tes Wasser = 3 C. F.	Faß A	$1\frac{1}{2}$ C. F. mit 8 Pfd.	$1\frac{1}{2}$ C. F. mit 8 Pfd.
2tes Wasser = $1\frac{1}{2}$ C. F.	Faß A	$1\frac{1}{2}$ " " 4 "	$1\frac{1}{2}$ " " 4 "

Diese machen vereinigt: 3 C. F. mit 6 Pfd. und werden auf ein frisches Faß B gegossen, worin ebenfalls 8 Pfd. Salpeter. Nachdem auch diese aufgelöst, werden $1\frac{1}{2}$ C. F. zurückbleiben und $1\frac{1}{2}$ C. F. mit $\frac{6+8}{2} = 7$ Pfd., d. i. mit 14,9 % als siedwürdige Lauge abfließen. Es folgt das:

	auf das	woselbst zurückbleiben	und abfließen
3te Wasser = $1\frac{1}{2}$ C. F.	Faß A	$1\frac{1}{2}$ C. F. mit 2 Pfd.	$1\frac{1}{4}$ C. F. mit 2 Pfd.
" " = " "	Faß B	$1\frac{1}{2}$ " " 8 "	$1\frac{1}{2}$ " " 8 "
4te " = " "	Faß A	$1\frac{1}{2}$ " " 1 "	$1\frac{1}{2}$ " " 1 "
" " = " "	Faß B	$1\frac{1}{2}$ " " $4\frac{1}{2}$ "	$1\frac{1}{2}$ " " $4\frac{1}{2}$ "

Das 3te und 4te Wasser, nach dem Abfließen aus B vereinigt, machen nun 3 C. F. mit $\frac{8+4\frac{1}{2}}{2} = 6\frac{1}{4}$ Pfd. und werden, auf das Faß C gegossen, wie der 8 Pfd. aufnehmen, so daß daselbst $1\frac{1}{2}$ C. F. Lauge mit $7\frac{1}{8}$ Pfd. = 15 %, also siedwürdige Lauge abfließt und ebensoviel von derselben Stärke zurückbleibt. Auf diese

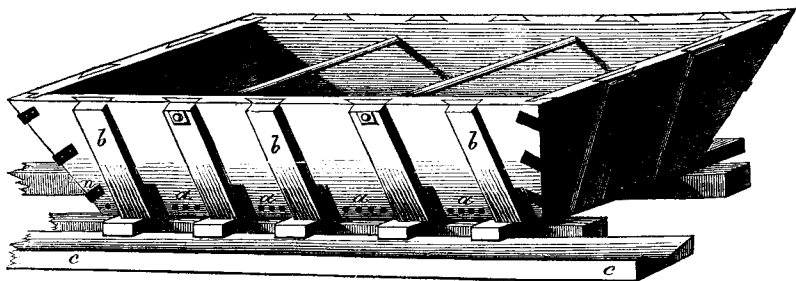
Das Aus-
laugen der
Erde.

Art geht die Arbeit ohne Unterbrechung fort, nur daß das erste Faß A, jetzt bis auf 1 % erschöpft, entleert und neubeschickt werden muß. Wenn aber die nämliche Menge Erde mit einmaligem Auslaugen auf denselben Grad, d. h. 1 % erschöpft werden soll, muß man 800 C. F. Wasser aufgießen, wovon 795 C. F. als einprocentige Lauge abfließen werden. Es sind also in diesem Falle in 5 C. F. Lauge 1,6 Pfd., nach jener besseren Methode aber $22\frac{1}{2}$ bis 23 Pfd. enthalten, so daß man, um 1 Ctr. Salpeter daraus zu gewinnen, nach dem zweckmäßigeren Verfahren $\frac{310 \text{ C. F.}}{13,8 \text{ C. F.}} = 22\frac{1}{2}$ mal weniger Wasser zu verdampfen hat.

Zu einem Betrieb, der 2 — 300 Ctr. Salpeter jährlich liefert, gehören etwa 36 Fässer, also je 12 in einer Reihe, so daß die Lauge sogleich in das entsprechende Faß der nächst tieferen Reihe abfließt. Es würde natürlich verfehlt sein, wenn das Wasser oder die Lauge früher abflösse, als die salpetersauren Salze Zeit gefunden haben sich vollkommen aufzulösen; deshalb läßt man den Hahn jedesmal 12 Stunden geschlossen. Damit die Erde gleichmäßig von dem Wasser durchdrungen werde und sich dieses keine sogenannten » falschen Wege « wühlt, müssen alle groben Theile, Kalkstücke u. dergl. vorher zerschlagen sein; auch pflegt man die Oberfläche der Erde in den Fässern nicht eben, sondern trichterförmig herzurichten um dem Wasser seinen Weg mehr durch die Mitte anzuweisen, wo es mehr wirkt, als nach dem Rande hin. Was das Uebertragen von Wasser betrifft, so geschieht dies zwar anfangs von selbst, aber nicht mehr später, wenn das Auslaugen die umgekehrte Richtung von der untersten Reihe in die oberen genommen hat; deshalb ist es sehr Zeit ersparend, sich einer Pumpe zu bedienen, Es hängt von der Vertlichkeit ab, ob man sich mit einem 4maligen oder 3maligen Auslaugen begnügt, aber in welchem Zeitpunkte man auch die Fässer betrachten mag, immer wird ein Theil mit frischer, ein anderer mit einmal, ein dritter mit 2mal ausgelaugter Erde beschickt sein. Man unterscheidet die Laugen von verschiedener Stärke durch die Benennungen Waschwasser, schwache, starke und Siede-Lauge.

Bei gleichen Vortheilen wie die Fässer, gewähren die Auslaugekästen Fig. 113.

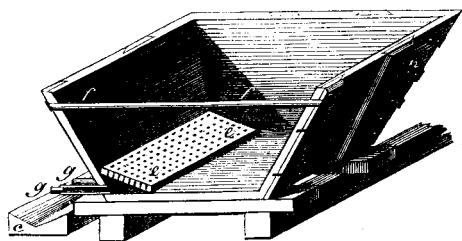
Fig. 113.



die Bequemlichkeit einer großen Raumersparniß; sie sind aus Eichenholz von der Gestalt eines Mühlrumpfes oder einer Backmulde, oben 16 F. ($12\frac{3}{4}$ rh.) lang, bei der halben Breite und 4 F. ($3\frac{1}{2}$ rh.) tief. An der einen Längsseite

(der vorderen in d. Abbildung 113. nach welcher hin der Boden eine kleine Neigung hat), ist zwischen den Verstärkungsleisten *b, b, b* eine Reihe von Löchern *a, a, a* zur Aufnahme von Röhren oder Hähnen *g* gebohrt, welche die Flüssigkeit in die Rinne *c, c* führen. Um die Erde zurückzuhalten, ist im Innern ein geneigtes siebartig durchlöcherteres Brett *e e* Fig. 114. angebracht, welches man mit Stroh

Fig. 114.



bedeckt oder mit Weiden. Die eisernen verschraubten Bolzen *f, f* sollen dem Ausbiegen der Längsseiten und die Bänder *n*, dem Nachlassen der Fugen vorbeugen. Die Geräumigkeit, nämlich ein Inhalt von 218 C. F. (110 C. F. rh.), machen zwei Kasten für den größten Betrieb hinreichend. Oben angebrachte Rinnen ergießen das eingepumpte Wasser an vielen Punkten zu gleicher Zeit über die Erde, bis es 4 Zoll darüber steht; nach etwa 24 Stunden wird das Wasser abgezapft und durch neues ersetzt, solange bis das ablaufende nur noch 1^o zeigt, alsdann folgt eine frische Beschickung u. s. f. Bei den angegebenen Dimensionen sind in der Beschickung eines Kastens zu 8 Pfd. in 5 C. F. im Ganzen 256 Pfd. salpetersaure Salze, welche mit dem, etwas mehr als gleichen Volum Wasser, eine Lauge von ungefähr 10% bilden müssen. Die nachfolgenden schwächeren Laugen verstärkt man auf dem 2ten Kasten bis auf die Siedewürdigkeit. — Die ausgelaugte Erde wird auf's neue zu den Haufen benutzt oder Mauern, wie schon angedeutet worden.

Die Siedelauge, in der Kunstsprache auch Rohlauge und Grundwasser genannt, ist, wie der Verlauf ihrer Entstehung schon von selbst an die Hand giebt, eine Auflösung nicht nur von Salpeter, sondern von allen löslichen Stoffen der Salpetererde überhaupt, deren Stärke mit dem Preise des Brennstoffs in einem richtigen Verhältniß stehen muß. Außer den salpetersauren Salzen, nämlich salpetersaurem Kali (Natron), Kalk, Bittererde, Ammoniak, hat man darin Chlorkalium, Chlorkalcium, Chlornatrium, Chlormagnesium, kohlensaures Ammoniak und eigenthümliche braunfärbende Stoffe organischen Ursprungs gefunden, welche nicht näher untersucht sind und gewöhnlich unter der nichts bedeutenden Bezeichnung Extractivstoff zusammengefaßt werden. In dem zur Trockne verdampften Rückstande einer aus dem Pariser Gypsschutt erhaltenen Rohlauge fand Thénard:

Salpetersaures Kali und Chlorkalium	10
Salpeters. Kalk und Bittererde	70
Chlornatrium	15
Chlorkalcium und Chlormagnesium	5
	<hr/> 100.

Die Gegenwart des kohlensauren Ammoniaks kann nach dem, was man

Die Rohlauge. Über die Salpeterbildung weiß, nicht befremden; sie erklärt übrigens die sonst so auffallende Abwesenheit aller salpetersauren Thonerde in der Rohlauge, während gerade die Thonerde reichlicher in der Salpetererde vorhanden ist, als jede andere Base. Die Fällung der Bittererde wird bekanntlich durch Ammoniaksalze verhindert und die der Kalkerde durch die Gegenwart des salpetersf. Ammoniafs wenigstens verzögert; denn es entsteht kein Niederschlag, wenn einer Auflösung von salpetersaurem Kalk geringe Mengen von kohlensaurem Ammoniak zugefügt werden. Das Vorhandensein des salpetersauren Ammoniafs hat Kuhlmann durch die Beobachtung erklärt, daß kohlensf. Ammoniak und salpetersaurer Kalk, bei einer Temperatur von 25 — 30°, einander zu salpetersaurem Ammoniak und kohlensaurem Kalk zerlegen. Von dem Extractivstoff rührt die braune Farbe, von dem kohlensf. Ammoniak die alkalische Reaction der Rohlauge her. Man will mehrfach die Erfahrung gemacht haben, daß sich in der Rohlauge mehr salpetersaures Kali findet, als das in der Muttererde enthaltene Kali hätte geben können, daß sich also gleichsam noch Kali erzeugt hätte. Es mag dieses insofern keine Täuschung sein, als während des dreijährigen Liegens an der Luft, eine nachweisbare Menge der kalihaltigen Gesteintheile (Feldspathkörner etc.) durch die Verwitterung aufgeschlossen und dadurch in Stand gesetzt wird, mit dem bereits in diesem Zustande vorhandenen Kali, an der Bindung der Salpetersäure Theil zu nehmen. —

Brechen der
Lauge.

Es bleibt nun noch übrig, die salpetersauren Salze der Rohlauge vollständig in salpetersaures Kali zu verwandeln, die Rohlauge zu »brechen«. Die dazu dienenden Kalisalze, entweder Potasche, schwefelsaures Kali oder Chlorkalium, heißen der »Bruch«. Es liegt auf der Hand, daß die Menge des hinzuzusetzenden Kalis nicht willkürlich ist, sondern mit den einzelnen salpetersauren Salzen im Verhältniß der Aequivalente stehen muß. Hauptsächlich aus diesem Grunde ist die Methode, nach welcher das Brechen mit dem Auslaugen dadurch verschmolzen wird, daß man die auszulaugende Erde mit Holzasche mengt, zu verwerfen; denn man entbehrt hierbei jeden Anhaltspunkt für das richtige Verhältniß des Aschenzusatzes, oder gewinnt ihn doch nur durch ein umständliches Probeauslaugen. Es ist daher besser, das Brechen erst mit der Rohlauge vorzunehmen, welche zu dem Ende in großen Behältern mit Decanthirhähnen aufgesammelt und mittelst einer Lösung von Potasche in 2 Theilen Wasser aus einem andern Gefäß zerseht wird. Vorher untersucht man jedoch im Kleinen durch allmähliges Zugießen, wie viel Maastheile der Potaschenlösung einem Maastheile Rohlauge zugefügt werden müssen, bis kein Niederschlag mehr entsteht und berechnet daraus das Verhältniß auf den ganzen Vorrath. Sobald die Potaschenlösung in jenen Behälter, den sog. »Erdfallbottich« hineingemessen und damit gemengt ist, entsteht ein starker Niederschlag von kohlensaurem Kalk und Bittererde, welche sich auf den Boden setzen, während nur salpetersaures Kali mit Chlorkalium und Chlornatrium in Lösung bleibt. Die Menge des Chlorkaliums hat sich begreiflicher Weise nach dieser Fällung, die sich ebenso gut auf die Chlorüre, als auf die salpetersauren Salze der Erden erstreckt, ansehnlich durch das Chlorkalium (bedeutet) N_2O_5 , MO mit CO_2KO zu $MO.CO_2$ und $N_2O_5.KO$, aber auch Cl_2M mit CO_2KO zu CO_2MO und Cl_2K werden. Weil nun das Chlorkalium

viel weniger Werth hat, als die Potasche, so erleidet der Fabrikant an demjenigen Theile derselben, welcher das Chlorcalcium und Chlormagnesium zersetzt, einen Verlust, der sich durch einen entsprechend geringeren Zusatz von Potasche nicht vermeiden läßt, weil die Zersetzung der salpetersauren Erden und der Chlorverbindungen nicht hintereinander, sondern gleichzeitig vor sich geht. Schon aus diesem Grunde ist das Berechnen des Zusatzes auf die salpeters. Erden allein, ohne Vortheil; es ist aber auch darum verwerflich, weil das vorhandene salpetersaure Ammoniak zu seiner Zersetzung einen Ueberschuß von kohlenf. Kali verlangt. Die Lauge vor dem Brechen, wie zuweilen geschieht, auf 15—20 % zu concentriren, ist ebenfalls unzweckmäßig, weil dadurch ein mehrmaliges Umzapfen nöthig wird und zuviel Salpeter in dem Bodensatz verbleibt, den man nur durch mühsames Auswaschen wieder gewinnen kann. Dagegen ist dieser Concentrationsgrad beim Brechen mit schwefelsaurem Kali nothwendig, welches ebenfalls in Auflösung zugefügt wird. Es entstehen in diesem Falle ($\text{MO}, \text{N}_2\text{O}_5$ und KO , $\text{SO}_3 = \text{MO}, \text{SO}_3$ und $\text{KO}, \text{N}_2\text{O}_5$) schwefelsaurer Kalk, der zwar bis auf eine geringe Menge zu Boden fällt, aber auch die leicht lösliche schwefelsaure Bittererde, welche in der Flüssigkeit bleibt. Um diese zu beseitigen, genügt es, einen kleinen Ueberschuß an Kalkmilch hinzuzufügen, wodurch Bittererde und auf's neue schwefelsaurer Kalk niederschlägt ($\text{MgO}, \text{SO}_3 + \text{CaO} = \text{CaO}, \text{SO}_3 + \text{MgO}$). Die klare Lauge enthält alsdann Salpeter, Chlor-Natrium und -Kalium, nebst etwas schwefelsaurem Kalk, aber weniger färbende Theile, die zum großen Theil mit demselben niedergerissen werden.

Auch das Chlorkalium, welches in dem weiteren Verlauf des Salpetersiedens in so großer Menge nebenbei erhalten wird, läßt sich zum Brechen der Rohlauge benutzen, wenn schwefelsaures Natron (Glaubersalz) wohlfeil zu haben ist. Nach Longchamp soll man zuerst mit Glaubersalz fällen, wodurch alle Salpetersäure der Rohlauge an das Natron tritt und schwefelsaurer Kalk niederschlägt. Scheidet man alsdann die Bittererde mit Kalkmilch aus, so kann man durch Zusatz des Chlorkaliums, Kalisalpeter und Kochsalz erhalten. Dasselbe wird noch einfacher erreicht, wenn man nach dem Abscheiden der Bittererde durch Kalk, die klare Lauge mit einer Lösung von Chlorkalium und krystallisirtem Glaubersalz zu gleichen Aequivalenten (im Verhältniß von 1 : 2) versetzt, welche dann gerade so wirkt, wie ein Gemenge von Kochsalz und schwefelsaurem Kali.

Wie man auch zu Werke gegangen sein mag, so muß die Lauge nach dem Brechen solange in Ruhe stehen, bis sich der Niederschlag zu Boden gesetzt hat, damit man das Klare zum Sieden abziehen kann.

Das Versieden bezweckt, neben dem Abdampfen der Lauge auf den Krp=Das Versieden. stillationspunkt, noch ganz besonders die Abscheidung eines Theils der Verunreinigungen. Um das dabei stattfindende Verfahren verstehen zu können, muß man die verschiedene Auflöslichkeit der in der Lauge befindlichen Salze in Betracht ziehen. Es lösen sich nämlich in 100 Th. Wasser:

bei 0° —	7,5 Th. Salpeter (n. Gay-Lussac)
„ 18° — 29	„ „ „ „
„ 45° — 74,6	„ „ „ „
„ 97° — 236	„ „ „ „

Das Versieden.

bei 100° — 400	Th. Salpeter	(n. Riffault)
„ 0° — 29,32	„ Chlorkalium	(n. Gay-Lussac)
„ 11,8° — 34,5	„ „	(n. Kopp)
„ 15,6° — 35,1	„ „	„
„ 17,5° — 33,3	„ „	„
„ 100° — gegen 57	„ „	(n. G. & L.).

und Kochsalz bei allen Temperaturen nahe gleichviel (27 Th.) wie S. 214. genauer angegeben worden. Es wächst also die Löslichkeit des Salpeters mit der Temperatur in viel höherem Grade, als die der Chlormetalle; auch wird das Weggehen von Wasser während des Siedens, bis zu einem gewissen Punkte, keine Ausscheidung von Salpeter zur Folge haben, weil dieser Verlust durch die auf 100° gestiegene Temperatur wieder ausgeglichen wird. Eben dieser Zuwachs an Temperatur hat aber nur einen kleinen Einfluß auf die Löslichkeit der Chlormetalle, so daß diese schon durch die Abdampfung zum größeren Theil gezwungen sind, herauszukrystallisiren. Es muß übrigens einstweilen hervorgehoben werden, daß die Löslichkeit des Salpeters durch Kochsalz scheinbar vermehrt wird *). Diese Erscheinung beruht darauf, daß diese beiden Salze nicht ganz ohne gegenseitige Zerlegung nebeneinander bestehen können, so daß das Wasser, worin man beide löst, eigentlich 4 Salze, nämlich Kochsalz, Salpeter, Chlorkalium und salpeters. Natron, enthält und mithin die gebrochenen Laugen, weil immer Kochsalz vorhanden ist, bis zu einem gewissen Grade salpetersaures Natron enthalten müssen; außerdem finden sich in der gebrochenen Lauge Chlormetalle, Ammoniaksalze, durch die vorhandene Kohlensäure als doppeltkohlensaure Salze gelöst. Kalk und Bittererde und die färbenden Stoffe.

Beim Versieden läßt man, ganz wie beim Sören des Kochsalzes S. 222., ununterbrochen frische Lauge nachfließen, bis der Inhalt des Kessels den richtigen Konzentrationsgrad hat. Damit nun die Temperatur nicht jedesmal sinkt, pflegt man die vorräthige Lauge mit demselben Feuer in einer besonderen Pfanne vorzuwärmen.

Aus der Fig. 115. a. f. S. ersieht man deutlich, wie die Einrichtung zu diesem Zweck beschaffen ist. Durch die Heizthüre *a* gelangt man auf den Rost *r*, durch die Thüre *b* nach dem Aschenfall *s*. Das Feuer trifft vom Roste aus zuerst den Boden des kupfernen Kessels *A* und geht von da, zwischen zwei eingemauerten Zungen in die Rüge *c, c, c*. Diese heizen zuerst, horizontal im Ringe herumlaufend, den Kesselbauch, steigen dann aufwärts unter den Boden der Vorwärmepfanne *B*, laufen daselbst einigemal hin und wieder, um dann in die Esse *g* zu münden, welche zur Leitung des Feuers mit dem Register *x* versehen ist.

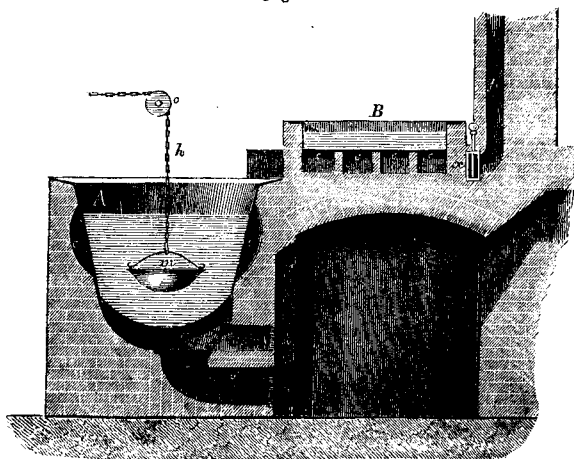
Mit dem Eintritt und während der ganzen Dauer des Siedens wirft die

*) Eine bei 100° gesättigte Lösung von Salpeter (zu 21,63 % also) vermag nach Longchamp durch Zugabe von

5	10	20	25	Thellen Kochsalz
0,75	1,27	1,83	2,58	Thle. mehr Salpeter zu lösen.

Flüssigkeit einen starken schmutzigen Schaum auf die Oberfläche, den man von Zeit zu Zeit abnimmt und — um die anhängende Lauge nicht zu verlieren —

Fig. 115.



in die Auslauggefäße schöpft. Es rührt diese Unreinigkeit von den aufgelösten organischen Materialien her, welche allmählig gerinnen und unlöslich werden. Sie erfahren diese Veränderung zum Theil durch die Berührung mit der Luft, woher sich denn erklärt, daß man von Erde, welche lange gelegen hat und gegen Ende nicht

mehr mit Lauche begossen wurde, eine weniger gefärbte Lauge erhält. — Eine zweite Erscheinung beim Sieden ist die Zersetzung von einem Theile der kohlensauren Erden, wodurch gleich von Anfang an die Flüssigkeit, in dem Maasse als die Kohlensäure, welche diese Salze in Lösung erhielt, entweicht, mehr und mehr getrübt wird. Diese Zersetzung erreicht ihr Ende eine geraume Zeit früher, als die Lauge gar wird. Beinahe gleichzeitig, nämlich wenn die Verdampfung etwas vorgeschritten ist, beginnt auch der schwerlösliche schwefelsaure Kalk sich als ein krystallinisches Pulver auszufondern. Wie man sieht, sind die eintretenden Erscheinungen fast ganz dieselben, wie beim Versieden der Salzsoolen; auch würde der entstehende Absatz unfehlbar, wie dort, auf dem Boden festbrennen und dieselben Uebelstände und Störung im Kochen hervorbringen, wenn man dem nicht durch einen sehr einfachen Handgriff zu begegnen wüßte, einen Handgriff, der in allen ähnlichen Fällen von Nutzen ist. Zur Zeit nämlich, wo die Erden anfangen niederzufallen, läßt man mittelst der Kette *h* und der Rolle *o* einen kleinen Kessel, oder besser ein flaches Gefäß *m*, bis nahe auf den Boden des Siedekessels herab. Während nun die Masse der Lauge im Kochen und in lebhafter Bewegung ist, herrscht innerhalb des Gefäßes *m* verhältnißmäßig Ruhe, so daß die schwebenden Theile, welche außerhalb unaufhörlich aufgerührt werden, sich darin ansammeln können, ohne wieder herausgeworfen zu werden. Nur muß man das Gefäß *m* von Zeit zu Zeit aufziehen und entleeren. Den Schlamm läßt man in einem, über dem Kessel befindlichen Kasten abtropfen, damit die Lauge zurückfließt.

In einer späteren Epoche, wenn die Concentration weiter fortgeschritten, sieht man, wie die Chlorüre der Alkalimetalle (entweder Kochsalz oder Chlorkalium oder beides, je nachdem beim Brechen verfahren worden) an der Oberfläche in Würfeln herauskrystallisiren und zu Boden fallen. Es ist vortheilhaft, in diesem Zeitpunkte das Feuer zu mäßigen, damit größere Krystallkörner entstehen, welche

Das Versieden. sich leichter absetzen und beim Herausnehmen weniger Lauge zurückhalten. Man kann sich dazu des nämlichen Gefäßes *m* bedienen, oder auch die Krystalle, die weniger leicht anbrennen, von Zeit zu Zeit mit einer Schaufel herausziehen. Wenn die Lauge die Gahre erlangt hat, was man daran erkennt, daß ein Tropfen auf ein kaltes Blech oder einen Teller gebracht bald erstarrt, so ist zwar ein Theil der Chlorüre herauskrystallisirt, aber ein ebenso großer Theil davon in der Lauge gelöst geblieben. Diese zeigt nun 48° bis 50° am Salpeteraräometer und bleibt 15—18 Stunden in Ruhe stehen, damit sie sich durch Absetzen vollständig klären kann, worauf man sie in kupferne Becken, die Krystallisirgefäße, abgießt, worin dann, wenn die Temperatur auf ungefähr 50° gesunken ist, der Salpeter, als Rohsalpeter, in kleinen gelben, Rochsalz und Chlorkalium haltigen Krystallen anschießt. Da, wo man gleich gereinigten Salpeter darstellt, läßt man den Anschuß in den Reinigungspfanzen vor sich gehen und zwar unter denselben Maßregeln, als ob man wieder aufgelösten Rohsalpeter vor sich hätte (s. u.).

Die Mutterlauge, welche entweder überschüssiges Kali, oder noch unzersehte salpetersaure Salze enthält, fügt man zum nächsten Sud, bis sie nach öfterer Wiederholung so überhand nimmt, daß man sie besonders auf die darin enthaltenen Salze behandeln, oder wie die Erden, die sich in dem Gefäße *m* absetzen, auf die Haufen zurückgeben muß. Auch die beim Sieden herauskrystallisirten Chlorüre enthalten so viel Lauge, daß ihr Salpetergehalt einige Procente betragen kann, welche nicht verloren gehen dürfen. Die Art, wie man sie gewinnt, ist sinnreich und verdient kurz angeführt zu werden: sie besteht nämlich darin, daß man einen Theil Salz, jedesmal einen kleinen Weidenkorb voll, eine Zeitlang in siedendes Wasser hängt, dann durch einen zweiten Korb voll ersetzt und so fort, die ganze Quantität. Das Wasser muß nur seiner Menge nach bei weitem weniger betragen, als zur vollständigen Auflösung alles Salzes erforderlich ist. Im Anfang entsteht alsdann eine gesättigte Lösung von Chlorüren, welche aus dem zweiten und den folgenden Körben nichts mehr von diesen, aber allen Salpeter ausflößt, dergestalt daß das verwendete Wasser am Ende allen Salpeter, aber nur einen kleinen Theil von der anfänglichen Masse der Chlormetalle, enthält. Diese Lösung wird mit der Siedelauge vereinigt, die Chlorüre aber für sich benutzt.

Raffiniren.

Der Rohsalpeter ist zwar frei von kohlensauren Erden, aber noch mit färbendem Extractivstoff und einem beträchtlichen Theil Chlorkalium und Rochsalz behaftet, welche zusammen gegen 25 % betragen. Diese Chlormetalle sind die hartnäckigste Verunreinigung und in allen Verwendungen des Salpeters, in den Scheidewasserbrennereien, in der Heilkunde, ganz besonders aber in der Artillerie, von so großem Nachtheil, daß man z. B. für den Kriegsbedarf eine Waare verwerfen muß, welche mehr als $\frac{1}{3000}$ davon enthält. Es wird dadurch begreiflich, warum man eine gewissenhafte und umständliche Reinigung nicht scheut. Das beste, erst in späteren Zeiten von den Franzosen (von Beaumé und Lavoisier) eingeführte Verfahren, beruht zum Theil auf dem ungleichen Einfluß, welchen die Wärme auf die Löslichkeit des Salpeters und der Chlormetalle ausübt, sowie auf dem Verhalten des Extractivstoffs zu dem thierischen (gewöhnlichen) Leim, welcher damit (ähnlich wie mit dem Gerbestoff) unlösliche Verbindungen

eingeht; zum Theil aber auch darauf, daß man den Umstand, welcher die Verunreinigung der Krystalle am meisten veranlaßt, geschickt zu umgehen versteht. Es ist nämlich bekannt, daß in einer krystallisirenden Flüssigkeit, worin verschiedene Salze gelöst sind, sich nur gleichartige, d. h. aus dem nämlichen Salze bestehende Krystalle bilden, es sei denn vermöge des Isomorphismus, welcher zwei Salze befähigt, an dem Bau eines und desselben Krystalls Theil zu nehmen. Der Salpeter und die genannten Chlorüre gehören aber nicht in diese Klasse, mithin werden Salpeterkrystalle, aus einer Kochsalz- (oder Chlorkalium-) Lösung angeschossen, in ihrer festen Masse nichts davon enthalten und nur durch die an ihrer Oberfläche anhaftende Mutterlauge verunreinigt sein, wovon man sie jedoch ohne Schwierigkeit befreien kann. Unglücklicher Weise entstehen aber in den größeren Krystallern, durch Ueberwachsen von neuen Lagen über die Unebenheiten der bereits vorhandenen, viele Längszwischenräume, welche Mutterlauge einschließen. In der That geschieht es dann in Folge dessen, daß trockner krystallisirter Salpeter der Art beim Zerreiben ein sehr feuchtes Pulver giebt, weil jene Zwischenräume dadurch geöffnet werden und die eingeschlossene Lauge ausfließt. Beim Raffiniren umgeht man diesen Uebelstand, indem man geflissentlich sich nur sehr kleine Krystallnadeln ausbilden läßt, worin die Zwischenräume nicht vorhanden, oder verschwindend klein sind.

Die Arbeit beginnt gewöhnlich des Abends vorher mit dem Auflösen der gehörigen Menge Kochsalpeter in einem geräumigen kupfernen Kessel. Man gebraucht hierbei gleich von vornherein die Vorsicht, anfangs nicht mehr Wasser zuzugießen, als gerade nöthig ist, um den Salpeter in der Siedhize vollkommen aufzulösen, nämlich 12 Etr. auf 60 Etr. Kochsalpeter. Der Erfolg ist an einem Beispiel am besten ersichtlich. Gesezt also, der Kochsalpeter enthalte 6 % Chlorkalium und 14 % Kochsalz, so wird die Beschickung des Kessels, abgesehen von den übrigen Verunreinigungen, enthalten:

die 12 Etr. Wasser vermögen
bei 100° aufzulösen:

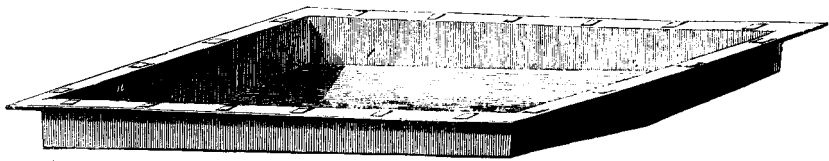
Chlorkalium . . .	360 Pfd.	. . .	684 Pfd.
Chlornatrium . . .	840 "	. . .	324 "
Salpeter . . .	4800 "	. . .	4800 "
<hr/>			
60,0 Etr.			

und es bleiben nach geschehener Einwirkung des Wassers mithin 840 — 324 = 516 Pfd. Kochsalz ungelöst, während ein anderer Theil desselben (324 Pfd.) mit dem Chlorkalium und dem Salpeter in Lösung geht. Um Zeit zu ersparen, bringt man Abends vorher einen Theil des Salpeters mit allem Wasser in den Kessel und fügt am andern Morgen frühe, nachdem sich dieser erste Antheil während der Nacht bei gelinder Hize aufgelöst hat, unter Verstärkung des Feuers, nach und nach (etwa $\frac{1}{3}$ jedesmal) den Rest hinzu. Der Schaum, der schon während des Umrührens sich auf der Oberfläche ansammelt, wird abgenommen und, wenn die Lösung geschehen ist und eine Zeitlang gekocht hat, auch das am Boden liegende ungelöste Kochsalz ausgeschöpft. Die erhaltene vollkommen gesättigte Lösung würde nun während der folgenden Verrichtungen, wobei sie heiß bleiben muß, durch weiteres Verdampfen von Wasser gezwungen sein, Krystalle

Raffinire.

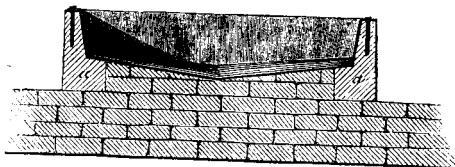
abzusehen. Ehe man daher fortfährt, läßt man zur Verdünnung soviel Wasser nachlaufen *), daß man nunmehr 20 Etr. Wasser im Kessel hat, und wartet, bis die Lauge wieder siedet, um alsdann 2 Pfd. aufgelösten Leim zuzusetzen. Als bald tritt der zurückgebliebene Extractivstoff mit demselben an die Oberfläche und kann ebenfalls abgeschäumt werden. Wenn kein Schaum mehr erscheint, so läßt man die Lösung bis zum folgenden Tage zum Absetzen stehen. Während dessen darf nichts anschießen und man regelt daher das Feuer so, daß die Temperatur möglichst gleichförmig auf 88° C. bleibt. Ehe man zur Krystallisation schreitet, ist es nöthig, die Trübung abzusondern, welche sich sonst den feinen Krystallen untermengen würde. Daher verrichtet man das Uberschöpfen in das Krystallisirbecken Fig. 116. u. 117. mit ganz besonderer Vorsicht und läßt lieber

Fig. 116.



etwas mehr Lauge zurück, ehe man sich der Gefahr aussetzt, das Product zu verunreinigen. Die Becken sind aus Kupferblech getriebene Gefäße von der Ge-

Fig. 117.



stalt eines flachen 3seitigen Prisma's und mit dem Rand auf ein Gerüst *a* von eichenen Bohlen aufgeschraubt. Durch die doppelte Neigung des Gefäßes, nämlich seiner ganzen Länge nach und der Bodenfläche nach der Mitte zu, fällt der tiefste Punkt an eine der

schmalen Seiten (bei *n*), was absichtlich so einrichtet ist. Die Lauge braucht 6 — 7 Stunden, um darin bis auf die Temperatur der Umgebung zu verkühlen; man sucht nun die Bildung größerer Krystalle durch unausgesetztes Umrühren und Bewegen zu hintertreiben und erhält so den ausgeschiedenen Salpeter als schneeweißes, aus kleinen Krystallnadeln bestehendes Pulver, als „Salpetermehl“. In dem Maas, als sich dieses vermehrt, ziehen es die Arbeiter aus der Lauge nach den höheren Theilen des Beckens herauf, wo es solange aufgehäuft liegen bleibt, bis sich die (noch gefärbte) Lauge — soweit sie nicht durch die Capillarität zurückgehalten wird — wieder nach den tieferen Theilen zurückgezo-

*) In den meisten technischen Werken, z. B. in denen von Dumas, Prechtl, Schubarth u. findet man auseinandergesetzt, daß durch den Zusatz von kaltem Wasser, vermöge der Temperaturerniedrigung, auf's neue Kochsalz niedergeschlagen werde. Vermuthlich hat sich diese Angabe, welche eine baare Unmöglichkeit enthält, aus Versetzen eingeschlichen und vererbt, wenn sie nicht die irrige Auslegung irgend einer beim Raffiniren eintretenden Erscheinung ist. —

gen hat. Man erkennt dieses an dem Weißwerden der oberen Schichten, die man nach und nach mit einer Kelle abnimmt, um sie in die Waschkasten zu bringen. Es bleiben alsdann gegen 12 Centner Mutterlauge zurück. Wenn die angeführten Verhältnisse eingehalten werden, so können mit dem Salpetermehl keine Chlorüre, oder nur Spuren herauskrystallisiren. Angenommen, die Lauge erkalte bis auf 18° C., so werden sich in dem obigen Beispiele die Verhältnisse folgendermaßen herausstellen:

Ueberhaupt wurden aufgelöst von		d. 12 Ctrn. Mutterlauge ver-		folglich sind herau-	
den 12 Ctrn. Wasser		mögen bei 18° C. gelöst zu erhalten		krystallisiert	
Salpeter	4800 Pfd.	348 Pfd.	4452 Pfd. (Mehl)		
Kochsalz	324 "	318 "	6 "		
Chlorkalium	360 "	396 "	0 "		

d. h. unter dem Mehl werden sich in diesem Falle 0,1 % Kochsalzkrystalle befinden, ein Betrag, der selbst unter sehr ungünstigen Umständen, z. B. bei übertriebener Abkühlung, nie 1 % viel übersteigen wird. Aber selbst dieser Rückhalt wird bei der nämlichen Gelegenheit beinahe gänzlich beseitigt, wo man die Mutterlauge aus den Zwischenräumen des Mehls entfernt, eine Mutterlauge, welche um so stärker durch die Chlorüre verunreinigt ist, als die eigentlichen Krystalle beinahe gänzlich davon frei sind. Die Grundsätze, welche beim „Waschen“, d. h. beim Beseitigen der Mutterlauge und der anhängenden Chlorüre, gehandhabt werden, sind im Wesentlichen dieselben, wie beim sog. Decken des Zuckers. Sie bestehen in einem Verdrängen dieser Mutterlauge aus den Zwischenräumen des Krystallpulvers durch eine gesättigte Auflösung von reinem Salpeter. Eine solche Auflösung vermag natürlich keinen weiteren Salpeter, also nichts mehr von dem Mehl, aber noch Mutterlauge und die Kochsalzkrystalle, mit derselben Leichtigkeit aufzulösen, wie reines Wasser. Nach geschehener Verdrängung kann mithin nur ein Salpetermehl erhalten werden, dessen reine Salpeterkryställchen zwischen sich eine Lösung von reinem Salpeter enthalten, so daß nach dem Trocknen nur solcher erhalten wird. — Beim Ueberschöpfen thut man gut, das frische Mehl, weil es bei dem Waschen einsinkt, in den Waschkasten Fig. 118. u. 119. etwas aufzuhäufen. Diese sind 10 F. (7,96' rh.) lang, 4 F. (3,18' rh.) breit,

Fig. 118.

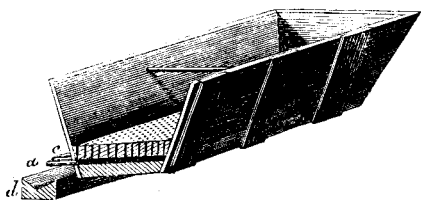
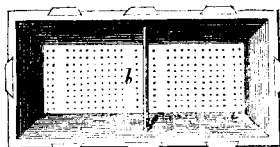


Fig. 119.



sonst von der Form der Auslaugekassen, aber durchweg mit einem durchlöchernten Zwischenboden *b* versehen, so daß man die unterhalb desselben ablaufende Flüssigkeit durch die Löcher *a*, welche mit Zapfen *c* versehen sind, in die Rinne *d* ablassen kann. Im Ganzen braucht man für jeden Kasten 144 Pfd. Wasser; davon gießt man mit einer Gießkanne anfangs nur 60 Pfd. auf und läßt diese

Raffiniren. 2 oder 3 Stunden bei geschlossenen Zapfen über dem Salpeter stehen. Diese Zeit ist hinreichend, um alle Chlorüre, welche als Krystalle dem Mehl beigemengt sind, vollkommen aufzulösen. Hierauf zieht man die Zapfen und läßt der entstandenen Lauge eine weitere Stunde Zeit zum Abtropfen. Das Nämliche wiederholt man mit einer gleichen Menge Wasser und nachher mit den übrigen 24 Pfd. Das erste Wasser und ein Theil vom zweiten enthalten neben Salpeter die Chlormetalle und werden zur Mutterlauge in die Krystallisirbecken gegossen. Der Rest und das dritte Wasser dagegen, zusammen 60 Pfd., welche nur Salpeter enthalten, dienen zum Anfang des nächsten Waschens und so immer fort für die Folge. Man braucht also nur das erste Mal 144 Pfd. Wasser, nachher beginnt das Waschen stets mit der reinen Salpeterlösung von vorher und wird mit 84 Pfd. reinem Wasser beendet, welches man zum größeren Theil wieder als reine Salpeterlösung erhält. Das ausgewaschene Mehl bleibt mehrere Tage in den Kasten und wird alsdann unter stetem Umrühren in einer Trockenspanne getrocknet, welche von dem abziehenden Rauch des Kessels, also sehr gelind, geheizt wird. Der trockne Salpeter muß vor der Versendung durchgeseiht werden, um die Knollen zurückzuhalten. Durchschnittlich giebt eine Läuturung von 60 Etrn. Rohsalpeter 35 — 36 Etr. Salpeter, der nunmehr zu jedem Gebrauch, besonders für die Artillerie geeignet ist.

Wenn sich hinreichend Mutterlauge angesammelt hat, so unterwirft man diese einer besonderen Behandlung. Sie wird zu dem Ende unter stetem Nachfließen einer neuen Quantität in dem Kessel, ganz wie die Rohlauge, bis auf $\frac{2}{3}$ eingedampft und das krystallisirende Kochsalz und der Schaum auf dieselbe Art entfernt, nur daß man gegen Ende mit Leim klärt. Man wird sich erinnern, daß diese Mutterlauge außer den Chlormetallen auch noch salpetersaure Erden enthält, die sich darin natürlich verhältnißmäßig so angehäuft haben, daß es nothwendig ist, ihre Zersetzung durch einen Zusatz von Potaschenlösung zu bewerkstelligen. Ist dieses geschehen, so gießt man die Flüssigkeit klar in die Krystallisirgefäße und verfährt wie oben.

Das ältere Reinigungsverfahren unterscheidet sich von dem französischen besonders darin, daß man den Rohsalpeter anstatt dem Mehlmachen, zwei aufeinanderfolgenden Krystallisationen unterwarf, welche jede einen zusammenhängenden Salzkuchen aus größeren Krystallen liefert. Das erste Mal nahm man ebenso viel Wasser wie bei dem französischen Verfahren, nämlich $\frac{1}{3}$ vom Gew. des Rohsalpeters, so daß ganz wie dort ein Theil der Chlormetalle ungelöst blieb. Beim zweiten Umkrystallisiren dagegen löste man die erhaltenen, schon viel reineren Salzkuchen, in $\frac{1}{3}$, also in so viel Wasser, daß der Rest der Chlormetalle bei dem nun erfolgenden Anschießen gelöst bleiben konnte. Der zweite Salpeteranschluß wurde nach dem Abtropfen getrocknet und als hinreichend rein zur Versendung betrachtet. Die Anwendung des Leims ist schon diesem älteren Verfahren eigenthümlich und demselben für das neuere entliehen worden.

In Oesterreich setzt man der Lösung des Rohsalpeters in $\frac{3}{5}$ Wasser, Kalkmilch zu, angeblich um den Extractivstoff zu zerstören und läßt krystallisiren, ohne den Bodensatz vorher abzuseiden. Man erhält eine zusammenhängende Salzmasse, »Salpeterstock«, von welchem man die untere unreine Schicht abträgt

und die Mutterlauge abtropfen läßt. Anstatt einer zweiten Krystallisation setzt man die Salpeterstöcke auf eine Lage, mit Fließpapier bedeckter, trockner Holzasche, welche den Rest der Mutterlauge mit Begierde aufsaugt, wenn man anders Sorge getragen hat, daß die Stöcke während der Zeit nicht austrocknen können. Diese bleiben darum bedeckt 14 Tage stehen, worauf sie getrocknet werden. Es bedarf kaum einer besonderen Hinweisung auf die Unvollkommenheiten dieses Verfahrens.

In Schweden, wo der Salpeter von den Lieferanten im Kleinen dargestellt wird (vergl. S. 279.), bildet das Raffiniren keinen getrennten Proceß. Man kocht die Rohlauge daselbst solange ein, bis sich der größte Theil des Extractivstoffes und der Chlormetalle ausgeschieden haben, und versetzt die nunmehr gänzlich concentrirte Lauge nach dem Durchseihen mit soviel Wasser, daß die nicht auskrystallisirten Chlormetalle beim nachfolgenden Mehlmachen gelöst bleiben können. Dieses und das Waschen des Mehls wird so ausgeführt, wie beschrieben worden. Nur pflegt man den gewaschenen Salpeter in eisernen Gefäßen einzuschmelzen, um nach dem Erkalten zusammenhängende Kuchen zu erhalten. In diesem Zustande kann der Salpeter besser transportirt werden, weil er ($\frac{1}{3}$) weniger Raum einnimmt; auch hat der Einnnehmer dabei den Vortheil, die Reinheit des von den Zinspflichtigen abgelieferten Products, bis zu einem gewissen Punkte aus dem Ansehen der Kuchen auf dem Bruch beurtheilen zu können. Der reine Salpeter ist nämlich im geschmolzenen Zustande von grobstrahligem Gefüge und stark durchscheinend; sehr unreiner, Kochsalzhaltiger dagegen porzellanartig, körnig ohne Strahlen und wenig durchscheinend. Ein Gehalt von $\frac{1}{80}$ Kochsalz macht sich auf diese Art schon bemerklich, ein solcher von $\frac{1}{40}$ erzeugt in der Mitte einen nicht strahligen Kern und bei $\frac{1}{30}$ Kochsalz ist der Bruch nur noch an den Ranten strahlig. Da beim Einschmelzen des Salpeters durch zu große Hitze, oder hineinfallende Kohle 2c. immer ein Theil zersezt wird und Veranlassung zu einem Gehalt von dem zerfließlichen salpetrigsauren Kali giebt, so ist diese Form des Salpeters unter anderen Verhältnissen, wo die erwähnten Vortheile nicht vorhanden sind, um so mehr zu verwerfen, weil er sich nur schwierig wieder auflöst und noch schwerer pulvern läßt.

Da, wo der Preis der Potasche nicht zu hoch ist, hat man angefangen, mittelst dieser und des Chilisalpeters, Kalisalpeter darzustellen, ($\text{N}_2\text{O}_5, \text{NaO} + \text{CO}_2, \text{KO} = \text{CO}_2, \text{NaO} + \text{N}_2\text{O}_5, \text{KO}$), wobei denn der ganze Betrieb auf das bloße Reinigungsverfahren vereinfacht wird. Es ist nur schwierig, bei dieser Zersezung einen Uebelstand zu vermeiden, der aus der Gegenwart des Kochsalzes im Chilisalpeter entspringt; denn, sobald man, um sicherer zu gehen, mehr Potasche zusetzt, als dem reinen salpetersauren Natron entspricht, so wird ein Theil derselben eine unnütze Zersezung mit dem Kochsalz eingehen, während im entgegengesetzten Falle das Product leicht mit unzerlegt gebliebenem Natronsalpeter verunreinigt wird. Durch Umkrystallisiren des Chilisalpeters wird dieser Uebelstand vermindert.

In den meisten Staaten erhalten die mit der Reinigung des Salpeters zum Kriegsbedarf beauftragten Personen den Rohsalpeter von Privaten eingeliefert, welche seine Gewinnung betreiben. Da nun dieses Product stets bis zu einem namhaften Theil seines Gewichts mit fremden Stoffen verunreinigt ist, sein Werth aber lediglich in dem Gehalte an reinem salpeters. Kali besteht, so handelt

Raffiniren.

Darstellung aus Chilisalpeter.

Preisung des Salpeters.

Prüfung des
Salpeters.

es sich um Mittel und Wege, diesen Werth für den Abschluß der Geschäfte rasch und hinreichend genau auszumitteln. In der Regel will man also durch die Prüfung die Menge des reinen salpeters. Kali's erfahren; zuweilen ist es aber auch von Interesse, auch noch den etwaigen Gehalt an salpeters. Natron zu erfahren, welcher ebenfalls Einiges zu dem Werthe des Rohsalpeters beiträgt. Die eingeführten Methoden gewähren meistens keine solche Genauigkeit, wie man sie bei wissenschaftlichen Versuchen zu verlangen befugt ist, aber in der Ausübung ist eine solche nicht eben nothwendig.

Bei der schon erwähnten Einrichtung in Schweden, wo also der Grundeigenthümer von jedem Zinspflichtigen eine besondere Lieferung erhält, häufen sich die erforderlichen Proben dadurch so sehr, daß man zu demjenigen Mittel seine Zuflucht genommen hat, welches zwar wenig genau ist, aber am meisten fördert. Es ist von G. Schwarz eingeführt worden und besteht darin, daß man aus der in einer Gießkelle geschmolzenen Probe in einem Blechkästchen einen kleinen, zollthicken Kuchen gießt und die Beschaffenheit seines Bruchs nach den erwähnten Grundsätzen untersucht. Dieses Gießen ist natürlich nur bei dem Salpeter nothwendig, welcher nicht geschmolzen eingeliefert wird, was in dem Belieben des Lieferanten steht. Was mit strahligem Bruch ankommt, oder durch die Probe so befunden wird, muß angenommen werden; was diesen nicht zeigt, unterliegt der willkürlichen Taxe des Einnehmers, welcher dann zur Ausgleichung des geringeren Gehaltes, eine um so größere Menge in Anspruch nimmt.

In Frankreich bedient man sich einer Probe auf nassem Wege, welche seiner Zeit von Riffaut vorgeschlagen worden. Man wäscht daselbst eine abgemessene Menge trocknen Rohsalpeter nach und nach mit einer, bei der Temperatur des Probegimmers gesättigten Lösung von reinem Salpeter in Wasser aus. Diese Lösung, eben weil sie damit gesättigt ist, läßt den Salpeter selbst unangestastet, löst aber noch alle Chlorüre und fremden Salze auf. Wenn nun soviel davon zum Waschen angewendet wird, als man brauchen würde, um wenigstens 4 — 5mal soviel Chlorüre aufzunehmen, als im schlimmsten Falle im Rohsalpeter enthalten sind, so ist man vollkommen sicher, nach dem Auswaschen nur noch reinen Salpeter im Rückstand zu haben. Zu einer Probe von $25\frac{1}{2}$ Lth. sind 37 Lth. reine Salpeterlösung vorgeschrieben, welche nach der Erfahrung 17 Lth. Rochsalz aufzulösen vermögen, was 66 % der Probe und mithin mehr entspricht, als jemals vorkommt. Es bleibt nun noch übrig, den rückständigen, auf dem Filter befindlichen Salpeter zu wägen; hierin liegt aber eine große Schwierigkeit, weil man zuvor die anhängende Lösung entfernen muß. Zu dem Ende breitet man das Filter über Fließpapier auf eine poröse Unterlage (eine Gypsplatte z. B.) aus, um nach Ablauf von 24 Stunden den Salpeter herauszunehmen und zu trocknen. Von dem gefundenen Gewicht, welches den Gehalt der Probe an reinem Salpeter angiebt, muß man stets 2 % abziehen, weil dasselbe nach der Erfahrung um ebenso viel durch den Salpeter in dem Rest der anhängenden Waschlösung vermehrt wird, welche zu entfernen niemals ganz gelingt. Es ist leicht einzusehen, daß dieses Verfahren ebenso zeitraubend als ungenau ist. Darum fand sich Gay-Lussac bewogen, eine Anwendung seines Alkalimeters auf die

Prüfung des Salpeters zu machen. Zu dem Ende muß der Salpeter durch Glühen mit Kohle in kohlenf. Kali verwandelt werden, wobei aller Stickstoff frei wird. Damit diese Gasentwicklung nicht zu stürmisch ausfällt und eine Verschleuderung der Probe verursacht, setzt man neben $\frac{1}{2}$ Theil Kohlenpulver oder Kienruß noch, gleichsam zur Verdünnung, 4 Th. Kochsalz zu, welches keinen weiteren Einfluß auf die Probe hat, und bringt das Gemenge in einem eisernen Löffel zum Fluß. Die geschmolzene Salzmasse giebt eine Auflösung von kohlenfaurem Kali und Kochsalz, welche filtrirt und gerade so mit Probefäure geprüft werden kann, wie S. 256. weiter auseinandergesetzt ist. Jedes pCt. Kali, welches das Alkalimeter nachweist, zeigt 2,14 pCt., jedes pCt. kohlenf. Kali 1,46 pCt. Salpeter an. Diese Werthbestimmung trifft nur der Vorwurf, daß sie kaum weniger Zeit und Gewandtheit in der praktischen Chemie erfordert, als jede förmliche Analyse, daher sie für die Praxis nicht sehr geeignet ist.

Prüfung des Salpeters.

Ganz und gar abweichend von den bezeichneten Methoden ist der Weg, welchen der Obrist der Artillerie Huß, bei der von ihm in Oesterreich eingeführten Prüfungsweise eingeschlagen hat. Sie ist eine physikalische Analyse und beruht auf dem Erfahrungssatz, daß der Temperaturgrad, bei welchem eine erkaltende Salpeterlösung die Eigenschaft verliert, noch mehr Salpeter aufzulösen, oder was ein und dasselbe ist, bei welchem sie anfängt Krystalle abzusetzen (also ihr Sättigungspunkt) ein bestimmter ist und nur von dem Verhältniß des Wassers zum aufgelösten Salpeter abhängt, gleichviel ob Chlormetalle zugegen sind, oder nicht.

Wenn daher die Menge des Wassers in verschiedenen Fällen unverändert bleibt, so wird der Sättigungspunkt allein von der Menge des Salpeters bestimmt werden und mithin eben der Temperaturgrad, bei welchem die Sättigung eintritt, als Anhaltspunkt zur Ausmittelung des Salpetergehaltes dienen können. Es muß nur einmal durch Versuche festgesetzt sein, bei welchen Temperaturen der Sättigungspunkt der Lösungen verschiedener Mengen Salpeter mit der nämlichen Menge Wasser liegt. Solche Versuche sind in hinreichender Zahl ausgeführt und in einer Tabelle zusammengestellt worden, welche für alle Sättigungspunkte von $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ C. die Menge Salpeter in 100 Th. Wasser oder auch die Procente der Lösung angiebt. So fand sich beispielsweise, wenn

in 100 Th. Wasser gelöst sind	der Sättigungs- (Krystallisationspunkt)
22,27 Salpeter	bei 10° C.
23,36 "	" 11,25° C.
26,96 "	" 15° C.
32,50 "	" 20° C.
39,51 "	" 25° C.

u. s. f. Um also mittelst dieser Versuche den Werth eines Rohsalpeters zu erfahren, hat man nur nöthig, eine abgewogene Menge desselben in 100 Th. Wasser von etwa 60° C. zu lösen und das Sinken der Temperatur mit einem, in Viertelgrade getheilten Thermometer, solange zu verfolgen, bis sich die ersten Krystallnadeln zeigen. Alsdann ist der Sättigungspunkt eingetreten (oder streng genommen schon um ein Unmerkliches überschritten), worauf man die in diesem Augenblicke beobachtete Temperatur nur in der Tabelle aufzusuchen braucht, um

Prüfung des
Salpeters.

die Menge des gelösten Salpeters zu erfahren. Auf das Gewicht des angewandten Rohsalpeters angewendet, ergiebt diese seinen Werth. Gesezt, man habe die Probe mit 40 Th. Rohsalpeter angestellt und die Sättigung der Lösung sei bei $17\frac{3}{4}^{\circ}$ C. eingetreten, so enthält diese nach der Tabelle 30 Th. Salpeter; dieselben 30 Th. waren aber auch in der Probe enthalten, deren Gehalt an reinem Salpeter mithin $\frac{30}{40} = 75\%$ beträgt. — Es versteht sich von selbst, daß die Probe vorher vollkommen getrocknet werden muß, weil sonst mehr Wasser in's Spiel käme, als die Tabelle voraussetzt. — Ein bereits angeführter Umstand, nämlich die gegenseitige Zersetzung des Kochsalzes und Salpeters, welche mit der Entstehung von salpeters. Natron eine scheinbar größere Löslichkeit des Salpeters in Kochsalzhaltigem Wasser zur Folge hat, beeinträchtigt einigermaßen die Genauigkeit dieser Methode, welche im Uebrigen nach der Schwedischen bei weitem die rascheste ist.

Für die Ermittlung des Gehaltes an Natronsalpeter, welcher häufig in der ersten Krystallisation des aus Chilisalpeter und Potaſche dargestellten Salpeters vorkommt, fehlt es bis jezt an geeigneten Mitteln. Indessen kann nach der Beobachtung der Preuß. Artillerie das Verhalten in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft einigermaßen darüber Aufschluß geben. Denn während reines salpeters. Kali über Wasser 14 Tage lang aufbewahrt, so gut wie trocken blieb, so hatte das daneben befindliche salpetersaure Natron 25 % Wasser angezogen. Als man künstliche Gemenge von beiden Salzen in ganz reinem Zustande demselben Versuch unterwarf, so fand man die Mengen des angezogenen Wassers, wie folgt:

Gemenge mit pSt. Natronsalpeter	0,5	1	3	5	10	zogen nach 14 Tagen
	2,5	4	10	12	19	pSt. Wasser an.

In demselben Grade würde natürlich jedes Schießpulver aus einem solchen Salpeter feucht und mithin unbrauchbar werden; darum ist die Kenntniß der Anwesenheit des Natronsalpeters für die Artillerie so überaus wichtig. —

Für die Prüfung des gereinigten Salpeters auf Chlormetalle — die gewöhnliche Beimischung — bleibt kein anderes Mittel übrig, als das salpetersaure Silberoryd, welches damit einen verhältnißmäßigen Niederschlag von Chlorsilber bildet. —

Das Schießpulver.

Geschicht-
liches.

Die Geschichte des Schießpulvers ist in ihrem Anfang dunkel und die gewöhnliche Sage, welche diese Erfindung dem Franciscaner Berthold Schwarz (im 14 Jahrh.) zuschreibt, nichts weniger als historisch begründet. Vielmehr weiß man, daß schon im 11ten Jahrhundert schweres Geschuß gebraucht wurde und daß Roger Baco (geb. 1214) des Pulvers als einer bereits bekannten Sache in seinen Schriften gedenkt. Wenige Erfindungen sind von so hervorragendem Einfluß auf die Cultur geworden, als die des Schießpulvers, dessen Ein-

führung, mit einer Umgestaltung der Kriegsführung, auch die der Staatseinrichtungen nach sich ziehend, welthistorische Bedeutung erlangt hat.

Daß das Schießpulver ein Gemenge ist von Salpeter, Schwefel und Kohle ^{Seine eigenthümliche Wirkung.} und daß seine Wirkung beim Entzünden auf einer augenblicklichen Entwicklung einer großen Menge erhitzten Gases beruht, welches einen plötzlichen, ungeheuren Stoß auf die Umgebung ausübt, ist Jedermann bekannt. Warum aber unter allen Stoffen ähnlicher und viel stärkerer Wirkung, von denen die Chemie sehr viele kennen gelehrt hat, keins im Stande ist, das Schießpulver zu ersetzen, verdient eine nähere Erörterung. Manche darunter, wie der Chlorstickstoff, explodiren schon durch so geringfügige Umstände, daß sie gar nicht ohne große Gefahr gehandhabt werden können. Ähnlich verhält sich der Zündsatz der Streichhölzer S. 190. und das sog. Knallpulver. Abgesehen davon, kommen noch andere wesentliche Umstände in Betracht. Denkt man sich nämlich die Kugel in einem Lauf im Augenblick der Entzündung, wo sie also durch einen plötzlichen Stoß fortbewegt wird, so ist gewiß, daß schlechterdings eine bestimmte, wenn auch kaum merkliche Zeit dazu gehört, das Beharrungsvermögen der Kugel zu überwinden. Die offenstehende Stubenthüre kann leicht mit dem kleinen Finger geschlossen werden, weil dieser gelinde Druck Zeit findet, das Beharrungsvermögen der Thüre zu überwinden, während dieselbe durch Flintenschüsse nur durchlöchert, nicht bewegt werden kann. Derselbe Fall ist im Laufe eines Gewehrs. Wenn die Schnelligkeit der Explosion den entstandenen Gasen keine Zeit läßt, der Kugel ihre Bewegung mitzuthemen, so ist sie so gut als unbeweglich, oder gleichsam als Wand des Gewehrlaufs zu betrachten, der alsdann zerplatzen muß, wie eine Bombe. Knallsilber, Knallquecksilber sind in diesem Sinne zum Schießen unbrauchbar; auch Pulver mit chlorsaurem Kali statt des Salpeters, wirkt zu rasch und ist ohnehin in der Darstellung zu gefährlich. Bei einem von Berthollet auf der Pulvermühle zu Essonne damit angestellten Versuch im Großen, verloren zwei Arbeiter das Leben. — Auf der äußersten Grenze explosirender Stoffe steht der Chlorstickstoff; ein Tropfen in einer offenen Schale schlägt bekanntlich ein Loch durch Boden und Unterlage, weil alle seine Theilchen in demselben Augenblick zersezt werden. Dagegen verbrennt das Schießpulver mit einer gewissen Langsamkeit, so daß die Zeit, in welcher sich die Verbrennung fortpflanzt, deutlich bemerkt und gemessen werden kann. Hierzu kommt noch der unberechenbare Vortheil, daß die Bestandtheile des Pulvers zu den wohlfeilen Producten gehören und zu denen, die jedes Land zur Noth aus sich selbst erzeugen kann. Man kann deshalb mit Gewißheit aussprechen, daß die Theorie keine geeignetere Masse hätte angeben können, als sie die, einige Jahrhunderte ältere Praxis aufgefunden hat; denn bei seiner unwiderstehlichen Gewalt ist es nur die mehr allmälige Wirkung, welche die Kraft des Schießpulvers dem menschlichen Willen zinsbar gemacht hat.

Auf dem andern Extrem befinden sich Gemenge von Salpeter mit Kohle <sup>Zersehungse-
producte.</sup> allein, welche zwar mit lebhafter Gasentwicklung verpuffen, aber die Verbrennung nicht rasch genug durch ihre Masse fortpflanzen, um wie Schießpulver gebraucht werden zu können. In beiden Fällen, ob Schwefel vorhanden ist, oder nicht, geschieht die Gasentwicklung dadurch, daß sich die Kohle auf Kosten des

Sauerstoffs im Salpeter oxydirt. Wenn Kohle allein vorhanden, so wird nur der Sauerstoff der Salpetersäure, also nur $\frac{5}{6}$ des Ganzen verwendet, indem kohlen-saures Kali zurückbleibt. Der Schwefel dagegen ändert den Vorgang dahin ab, daß er das Kalium in Beschlag nimmt, um damit Schwefelkalium zu bilden und der Kohle alle 6 Aeq. Sauerstoff des Salpeters zuweist. Der Schwefel verstärkt mithin die Wirkung des Salpeters und befördert — was ebenso wichtig ist — weil er schon unterhalb der Temperatur verbrennt, bei welcher Salpeter mit Kohle verpufft — die Entzündlichkeit auf denjenigen Grad, welcher für den Erfolg am günstigsten ist. Die Gegenwart des Schwefels hat nur den Uebelstand, daß ein Ueberschuß davon, auch selbst das entstehende Schwefelkalium für sich, die metallnen Wände der Feuerwaffen, besonders der Geschütze angreift. Für solche Fälle ist es rathsam, den Schwefelzusatz so auszugleichen, daß einfache Verbindungen mit dem Kalium entstehen, welche den Schwefel am festesten binden. Wie leicht begreiflich würde ein Uebermaaß von Salpeter noch viel schädlicher sein, wird aber darum nicht vorkommen, weil der Salpeter der kostspieligste Gemengtheil ist und keine Gründe gegen die Anwendung von etwas mehr Kohle sind, als der Salpeter strenggenommen erheischt.

Die Wirkung des Schießpulvers beruht auf einem rein chemischen Vorgang, welcher leicht aus den Zersetzungsproducten studirt werden kann. So hat Chevreul und Gay-Lussac gethan, und nach der Verbrennung von Pulver in einem Kupferrohr in dem Gasgemenge:

	Chevreul	Gay-Lussac
Kohlensäure	45,41	53
Stickstoff	37,53	42
Kohlenoxyd	—	5
Stickoxyd	8,10	—
Kohlenwasserstoff	0,59	—
Eigenthümliches Gas, aus Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff bestehend	8,37	—

gefunden.

Die überwiegende Quantität der beiden ersten Gasarten weist sehr deutlich darauf hin, daß die drei letzteren nur zufällig sind, zum Theil von der unvollkommenen Einwirkung der Gemengtheile gegen einander, theils auch von der Feuchtigkeit herrührend. Beim Abfeuern des Pulvers zerfallen also die Bestandtheile des Salpeters; der Sauerstoff tritt mit der Kohle, das Kalium mit dem Schwefel zusammen und der Stickstoff wird als Gas frei. Es hängt von dem Mischungsverhältniß, also von dem Willen des Pulvermüllers ab, ob die Kohle dabei Kohlensäure oder Kohlenoxydgas wird, ob sich die einfache, ob sich eine höhere Schwefelungsstufe des Kaliums oder kohlen-saures Kali bildet. Wenn nun auch, je nach der Richtung, die man diesem Vorgange anweist, die Kraft auf der Höhe der Brauchbarkeit bleibt, so treten doch Verschiedenheiten ein, welche nähere Beleuchtung verdienen. —

Ein Pulversatz, worin alle Bestandtheile zu Kohlensäure, Schwefelkalium und Stickstoff rein aufgehen sollen, müßte, weil $N_2O_5, KO + 3C = N_2 + SK + 3CO_2$, gemischt werden aus:

Mischungs-
verhältniß
theoretisch.

Nr. I.		und würde geben:		mithin aus 1 Maaß Schießpulver *)		Mischungs- verhältnis, theoretisch f. Ges.
				(sp. Gew. = 0,9)		
1 Aeq. Salpeter = 1267	}	1 Aeq. Stickstoff = 177	94 G. Th. = 74,6 Maaß Gas			
1 " Schwefel = 201		3 " Kohlenfre. 825	439 " " = 221,3	" "		
3 " Kohle = 225		1 " Schwefelm. 691		296	" "	
1693		1693			zusammen	

Ein Satz dagegen, welcher statt Kohlen säure, Kohlenoxyd entwickeln soll, muß nach: $N_2O_5, KO + S + 6 C = N_2 + SK + 6 CO$, enthalten:

Nr. II.		und würde geben:		mithin aus 1 Maaß Pulver	
1 Aeq. Salpeter = 1267		1 Aeq. Stickstoff = 177	83 G. Th. =	66	Maaß Gas
1 " Schwefel = 201		6 " Kohlenoxyd = 1050	493 " "	= 391	" "
6 " Kohle = 450		1 " Schwefelk. = 691		457	" "
1918		1918			zusammen

Der Satz Nr. I. ist der kostspieligere; er erfordert $1\frac{1}{2}\%$ Schwefel und $8\frac{1}{2}\%$ Salpeter mehr als Nr. II., welcher überdies beinahe die doppelte Menge Gas liefert, aber auch bei der Verbrennung nur halb soviel Wärme entwickelt (vergl. S. 56.) und folglich das erzeugte Gas weniger ausdehnen kann. Diese Ausdehnung macht nun viel mehr aus, als der ursprüngliche Mehrbetrag an erzeugtem Gas; denn es nehmen z. B. 200 Maaß Gas bei 1330° ebenso viel Raum ein, wie 300 Maaß bei 797° , nämlich 1170 Maaße. In der That hat eine mehrere Jahrhunderte alte Erfahrung, nach mehrmaligem hin und her Versuchen, was das Pulver für Feuerwaffen betrifft, bestimmt für den Satz Nr. I. entschieden, wie aus Folgendem hervorgeht:

	Satz Nr. 1.	preussisches	französisches	americanisches	österreichisches
		Militärpulver			Scheibnp.
Salpeter	— 100	— 100	— 100	— 100	— 100
Schwefel	— 15,86	— 15,3	— 16,6	— 16,6	— 15,0
Kohle	— 17,76	— 17,8	— 16,6	— 16,6	— 17,5

woraus man sieht, daß die Erfahrung bei demjenigen, als dem besseren, stehen blieb, welches die Theorie als das richtige angiebt. Die meisten der üblichen Pulversätze spielen so nahe um dieses Verhältniß, daß, wie auch die Rechnung ausweist, damit immer dieselbe Zersetzung gemeint ist. Die Abweichungen sind um so erklärlicher, als man eigentlich keine reine Kohle, sondern noch wasser- und sauerstoffhaltige anwendet und einen Ueberschuß an Schwefel absichtlich zu vermeiden strebt. Indessen darf man nicht verkennen, daß gewisse andere Sätze offenbar auf eine andere Zersetzungsweise berechnet sind. So scheint das Sprengpulver (französische), wobei die nachtheilige Einwirkung des überschüssigen Schwefels auf die Metallwände natürlich nicht mehr in Betracht kommt und die Wohlfeilheit mehr berücksichtigt werden kann, so gemischt zu sein, daß der Kohlenstoff zur Hälfte Kohlenoxyd, zur Hälfte Kohlen säure bildet und Doppelt-

*) Hierbei und für die folgenden Rechnungen ist mit Gay-Lussac angenommen, daß 1 Maaß Pulver 0,9mal soviel wiegt, als ein gleiches Maaß Wasser.

Mischungsverhältniß, theoretisch. Schwefelkalium entsteht $(N_2O_5, KO + 2S + 4C = N_2 + KS_2 + 2CO + 2CO_2)$. Hiernach müßte man mischen:

Nr. III.	oder	man nimmt wirklich
1 Aeq. Salpeter = 1267	— 100	— 100
2 „ Schwefel = 402	— 31,73	— 30,8
4 „ Kohle = 300	— 23,68	— 23,0
<hr/>		
	1969	

Nr. III. würde geben:

also 1 Maaß Pulver:

1 Aeq. Doppeltschwefelkalium = 892		
1 „ Stickstoff = 177	— 64,2	Maaß Gas
2 „ Kohlenoxyd = 350	— 126,9	„ „
2 „ Kohlen Säure = 550	— 164,8	„ „
<hr/>		
	1969	356 „ „ zusammen

Gewisse andere Sätze endlich, wie das (französische) Jagdpulver kann man ansehen als Gemenge, welche nach der Entzündung Schwefelkalium, kohlen saures Kali, Kohlenoxyd und Stickstoff geben, denn $8N_2O_5, KO + 6S + 23C = 8N_2 + 6KS + 2KO, CO_2 + 21CO_2$. Darnach müßten genommen werden:

Nr IV.	oder	man nimmt wirklich
8 Aeq. Salpeter = 10136	— 100	— 100
6 „ Schwefel = 1206	— 11,9	— 12,8
23 „ Kohle = 1725	— 17,0	— 15,4
<hr/>		
	13067	

nach der Theorie sollte erhalten werden:

	von 1 Maaß Pulver
21 Aeq. Kohlen Säure = 5775	— 192 Maaß
8 „ Stickstoff = 1416	— 74 „
6 „ Schwefelkalm. = 4146	—
2 „ kohlenf. Kali = 1730	—
<hr/>	
	13067 266 „ Gaszusammen

In der Lösung der Frage über die beste Zusammensetzung des Pulvers auf dem Wege des Versuchs, hat sich Proust das meiste Verdienst erworben. Dieser Naturforscher hat die Resultate seiner Beobachtungen in drei Reihen zusammengestellt. — Die erste Reihe enthält die Beobachtungen über Gemenge aus Salpeter und Kohle in verschiedenem Verhältniß, in Bezug auf die Dauer des Verbrennens, sowie die Menge und Beschaffenheit der erzeugten Gase. Sie giebt deutlich zu erkennen, daß bei weniger als $\frac{1}{6}$ Kohle, salpetrigsaures Kali im Rückstand bleibt und daß das Gemenge mit mehr als $\frac{1}{6}$ Kohle zwar im Ganzen etwas mehr Gas gebe, welches aber dafür anfängt (bei Abnahme der Kohlen Säure) Kohlenoxyd, mithin beim Verbrennen eine entsprechend geringere Hitze zu entwickeln. Bei $\frac{1}{6}$ Kohle ist die Einwirkung mithin am vollständigsten, es entsteht

nur Kohlensäure und der Erfolg ist der beste. — Aus der zweiten Versuchsreihe geht hervor, daß unter allen Verhältnissen des Schwefels, sogar für verschiedene Gemenge von Salpeter und Kohle, die Wirkung bei $\frac{1}{6}$ (Schwefel) den höchsten Grad erreicht. In der dritten Versuchsreihe endlich wurden von Proust mehrere wirkliche Pulversätze untersucht und dabei die nachstehenden Erfahrungen gemacht:

100 Theile Pulver, bestehend aus:			lieferten G. F. Gas
Salpeter	Schwefel	Kohle	
70 pCt.	12 pCt.	18 pCt.	107
73,2 „	12,2 „	14,6 „	100
75 „	12,5 „	12,5 „	113
76,2 „	12,8 „	11 „	112

Aus Allem geht hervor, daß das Verhältniß von 6 : 1 : 1, durch direkte Versuche als das beste bestätigt wird. Dieses Verhältniß entspricht aber beinahe genau dem Satz Nr. I., welchem darum der Vorzug gebührt, insoweit keine anderen Gründe — wie bei dem Sprengpulver — entgegenstehen. —

Im Folgenden sind außer den bereits angeführten noch einige weitere Pulversätze zusammengestellt:

Pulversorte	auf 100 Th. Salpeter		nach
	Kohle	Schwefel	
Mailändisches Kriegspulver	15,7	15,7	Meyer
Württembergisches Kriegspulver, Kanonenp.	16,0	17,2	„
„ „ „ „ Flintenp.	14,3	19,8	„
Großh. Heßisches Kanonenpulver	14,4	20,4	„
„ „ „ „ Flintenp.	14,5	21,2	„
Schwedisches Kriegspulver	12,0	21,3	„
Kurfürstl. Heßisches Kriegspulver	18,2	18,2	„
Hannöversches Kriegspulver	15,2	25,3	„
Rußisches Kanonenpulver	25,0	16,6	„
Holländisches	22,9	20,0	„
Oesterreichisches, Musketen- und Stückpulver	17,3	15	„
Italienisches Kriegspulver	15,8	15,8	Brechtl
Chinesisches	37,4	25,2	„
Franz. Jagdpulver v. Angoulême u. Le Bouquet	17,5	12,5	„
Italienisches	24,8	11,7	„
Französisches rundes Pulver von Essonne	21,6	13,5	„
Engl. von Waltham Abbey	18,0	13,3	Ure
Dartford Pulver	15,6	9,8	Meyer
Pulver von Curtis und Harvey	16,3	11,8	„
„ „ „ „ „	24,75	6,25	„
„ „ Grenelle	15,7	15,7	„
Berner	18,4	13,1	„
Niethen 1684	21,2	12,0	„

In Angaben der Art finden sich oft große Abweichungen; nichts destoweniger sind manche bestimmt bekannte Pulversätze so aller Theorie zuwider zusam-

mengesezt, daß entweder ein Ueberschuß an Salpeter oder an Schwefel vorhanden ist. Das erstere ist bei dem Champy'schen und anderen, das letztere bei dem chinesischen der Fall, welches auf 2 Aeq. Kalium, 3 Aeq. Schwefel enthält. —

Die Güte des Pulvers hängt (abgesehen von den Verhältnissen des Sazes) von der Auswahl des Materials und insbesondere, — da alle drei Bestandtheile fest sind — auch von der Innigkeit ab, mit welcher sie untereinander gemengt sind. Diese beiden Punkte sind daher für die Darstellung maassgebend.

Der Salpeter kann nicht im rohen Zustande verwendet werden. Man bedient sich am besten des Krystallmehls, welches durch das Raffiniren (S. 294.) fast gänzlich von allen Chloometallen befreit ist. In Frankreich darf der Gehalt derselben nicht über $\frac{1}{3000}$ betragen; in der berühmten Pulvermühle zu Waltham Abbey in England treibt man das Waschen sogar soweit, daß die Auflösung des fertigen Salpeters keine Silberlösung mehr trübt. Das Krystallmehl ist übrigens um so brauchbarer, weil es nicht mehr besonders gepulvert zu werden braucht, was überall nöthig ist, wo man den gereinigten Salpeter in großen Krystallen erhält. Eine weitere Vorbereitung ist nicht nothwendig. Ebenso bedient man sich des Schwefels, welcher auf die bereits beschriebene Weise (S. 195.) gereinigt worden. Weil aber die Schwefelblumen stets mit anhängender Schwefelsäure behaftet sind, so zieht man allenthalben den Stangenschwefel vor, welcher im weiteren Verlauf der Arbeit gepulvert wird.

Der Einfluß, welchen die Kohle durch ihre Lockerheit, Entzündlichkeit, kurz ihre ganze Beschaffenheit auf die Güte des Pulvers äußert, ist sehr bedeutend. Die Beschaffenheit der Kohle hängt aber zugleich von dem Material, woraus sie erzeugt worden und von der Art der Verkohlung ab. Auch den ersten Punkt hat Proust durch seine Versuche in obiger Art aufgehehlt. Nach ihm verbrennt ein Gemenge von 72 Gran Salpeter mit

12 Gr. Kohle von	in Secunden	und hinterläßt Rückstand
Hanfstengel	10	12 Gran
Goldwurz	10	12 „
Weinreben	12	20 „
Richererbsenstengel	13	21 „
Fichte	17	30 „
Faulbaum (Rhamnus frangula)	20	41 „
Spindelbaum (Evonymus europ.)	21	27 „
Hasel	23	30 „
Kastanienholz	26	36 „
Nußholz	29	33 „
Steinkohle (Rohk)	50	45 „
Zucker	70	48 „

während Kohle von Reis, Stärke, Eiweiß, Blut, Leber zc. gar nicht mehr verpufften. Wie man sieht, liefern die weichen holzartigen Pflanzentheile die beste, stickstoffhaltige Thierstoffe die schlechteste Kohle. Darum ist auch Papier wegen des Leims nicht anwendbar, während Flachsfasern oder alte Leinwand ein ausgezeichnetes Material sind. Gegenwärtig wendet man sehr häufig Faulbaum, auch Ellern-, Pappel-, Spindelbaum-, Haselholz zc. an. In Spanien zieht man die

Hauskohle vor. Welches Holz man wählen mag, so müssen die Theile möglichst vermieden und entfernt werden, welche sich beim Verkohlen wie Stärke, oder Eiweiß u. verhalten. Darum muß die Rinde, welche stark mit gummiartigen, schleimigen Theilen, Extractivstoff und Salzen angeschwängert ist, von dem Kohlholz abgeschält, alles Laub und kleinere Zweige verworfen und nicht zu altes, aber doch ganz ausgebildetes Holz gewählt werden. Am besten sammelt man Zweige von 1 bis 2 Zoll Dicke. Es soll vortheilhaft sein, die entrindeten Aeste eine Zeitlang dem Regen auszusetzen, wodurch die extractiven Theile noch mehr entfernt werden.

Die Entzündlichkeit einer Kohle hängt vorzüglich von ihrer Fähigkeit ab, die Wärme zu leiten. Ist diese gering, so wird die von einem Theil empfangene Hitze auch demselben weniger rasch entzogen, er wird weniger leicht verlöschen und umgekehrt. Erfahrungsmäßig sind nun unter starker Hitze erzeugte Schwarzkohlen dichter und bessere Wärmeleiter, als das Product einer nicht bis zu Ende getriebenen Kohlhung, die sogenannte Rothkohle, von welcher am gehörigen Orte die Rede gewesen (§. 42.). Wirklich erzeugt man jetzt für die Schießpulverfabriken eine Kohle, welche in diese Klasse gehört, weil man eine solche dem Zweck am meisten entsprechend gefunden. Dies kann mit Erfolg nur in Vorrichtungen geschehen, welche die Leitung der Hitze und des Ganges überhaupt vollkommen in die Hand des Arbeiters geben. Es sind dies Ofen mit eingemauerten Cylindern, Fig. 120. u. 121., welche den Leuchtgasöfen einigermaßen gleichen. Die

Fig. 120.

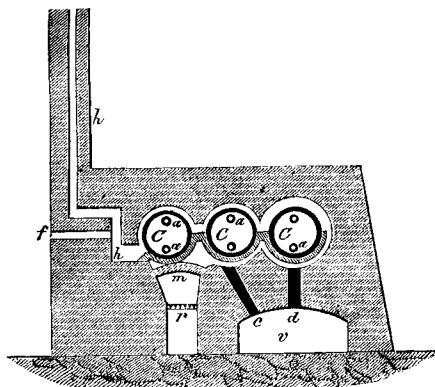
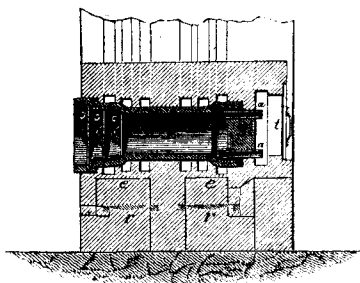


Fig. 121.



drei Cylinder *C, C, C*, sind von Gußeisen; das Vordertheil mündet frei in der Fronte des Ofens und kann mittelst der drei Scheiben *o, o, o* luftdicht verschlossen werden. Das hintere Ende ist so in die Rückwand des Ofens eingelassen, daß es durch die Mauer zugleich verschlossen und zugleich getragen wird. Die kleinen Röhren *a, a*, welche an dieser Stelle eingemauert liegen und das Innere des Cylinders mit dem davor befindlichen Raum *D* in Verbindung setzen, sind theils zur Aufnahme der Probehölzer, theils zur Ableitung der Gase und Dämpfe durch gemauerte Kanäle nach einer besonderen Cysterne bestimmt. Das Flammfeuer, welches auf dem Rosten *r, r* erzeugt wird, wird durch das durchbrochene Gewölbe *m* gleichmäßiger vertheilt; es bestreicht zuerst die untere Hälfte der drei Cylinder, dann die oberen Hälften, durch die Züge *e, e, e*, um

Die Pulverkohle. endlich in die Esse *h* zu entweichen. Bei *f* wird das Register derselben eingeschoben. Wenn sich zu viel Flugasche angehäuft hat, so kann diese bequem mittelst der sonst zugestrichenen Kanäle *c* u. *d*, in das Gewölbe *o* entleert werden. Das Kohlholz, wovon man die stärkeren Stücke nach dem Umfange hin, das dünnere in die Mitte legt, erfüllt nur den mittleren engeren Theil der Retorten und muß deshalb in entsprechender Länge zugeschnitten werden. Um die Leitung der Arbeit nicht zu erschweren und eine gleichförmige Kohle zu erhalten, legt man nicht gerne mehr als 3 Retorten über eine Feuerung und macht diese nicht größer, als nöthig ist, um 100 Pfd. Holz zu fassen; dadurch wird aber auch die Kohle etwas theurer. Wenn alle Fugen verstrichen sind, so beginnt man zu feuern. Die Aufgabe besteht nunmehr darin, die Zersetzung bei möglichst geringer Hitze zu betreiben, welche im Innern nie die Rothglühhitze erreichen darf. Man beurtheilt das Vorschreiten der Verkohlung aus der Farbe der abziehenden Dämpfe und aus der Beschaffenheit der Probestücke, welche man mehrmals der ganzen Länge nach zerbricht, um zu sehen, ob die Zersetzung auch gleichmäßig von vorn bis hinten vorgeschritten. Erst nach ungefähr 5 Stunden kommt die Destillation vollständig in Gang. Wenn die Dämpfe gelb und die Proben spröde, auf dem Bruch gelbbraun und glänzend sind, so ist es Zeit, das Feuer sinken zu lassen, weil nunmehr die Hitze des Ofens zureicht, die Kohlung zu beendigen. Wenn keine Dämpfe mehr entweichen, so öffnet man die Deckel *o, o, o* rasch, um die Kohlen in gutschließenden eisenblechernen Büchsen erkalten zu lassen. — Um längere Unterbrechungen zu vermeiden, hat man auch wohl Blechcylinder, welche mit Kohlholz im Voraus beschickt sind, in die Retorten eingeschoben und nach geschehener Operation gegen frische ausgewechselt. Es fragt sich nur, ob dieser Vortheil nicht durch den ungleich höheren Verbrauch an Brennstoff (wegen der doppelten Hülle) aufgehoben wird.

Es bleiben in der Regel 34 — 35 % Pulverkohle bei gutem Verfahren. In der Verkohlungsanstalt in Le Bouchet z. B., wo die Kohlung für gutes Jagdpulver 12 Stunden, für gewöhnliche Sorten 8 — 9 Stunden dauert, ist dies die gewöhnliche Ausbeute.

Gute Rothkohle ist braun mit helleren Adern, glatt, mit vielen Quers-, aber keinen Längsrissen, hat zerrieben das Ansehen wie verschossener schwarzer Sammet, brennt noch mit bläulicher Flamme, läßt sich noch in geringem Grade biegen und löst sich fast gänzlich in Natrium auf. Das Löschen der gezogenen Kohlen mit Wasser ist anerkannt nachtheilig und schon darum störend, weil, wenn man dieselben sogleich verbraucht, wie am besten geschieht, die Menge des aufgesogenen Wassers erst ermittelt und abgezogen werden mußte. Im Gegentheil würden die Verhältnisse des Salzes verrückt werden.

Ein Umstand, der bei jeder Verkohlung eintritt, verdient besondere Aufmerksamkeit. Es wird nämlich an den kühleren Stellen der Destillationsräume immer Theer verdichtet, welcher zurücktropft und auf dem heißen Holz, unter Hinterlassung einer schwerverbrennlichen Glanzkohle, zersetzt wird. Diese und die Brände müssen, als ganz unbrauchbar, abgefordert werden. Sie beträgt zuweilen 5 pCt., in bessern Anstalten, wie in Spandau z. B., weiß man sie bis $\frac{1}{2}$ pCt. zu vermindern.

Ein anderes Verfahren ist das Verkohlen in Defen, welche denen zum Ver-

Kohlen der Steinkohle (S. 52.) ähnlich sind. Sie sind mit einem flachen Herd, Die Pulver-
kohle. welchen ein halbwalzenförmiges Gewölbe überspannt und mit zwei gegenüberstehenden Thüren versehen. Anfangs, wenn man das Holz, womit der Ofenraum gefüllt ist, anzündet, sind beide geöffnet. Hat das Feuer aber gehörig um sich gegriffen, so schließt man eine davon; die andere, durch welche man angezündet hat, bleibt noch für den abziehenden Rauch und dafür offen, daß man zu dem Holz mit dem Schüreisen gelangen und diejenigen Theile, welche nicht mehr mit Flamme brennen, nach hinten schieben kann. Wenn die Flamme zu erlöschen beginnt, so schließt man auch die zweite Thüre, um die Gluth zu dämpfen. Die Kohlen können alsbald gezogen und in Blechbüchsen gelöscht werden.

Ungeachtet sich in solchen Ofen rascher arbeiten läßt, als nach jeder andern Art, so gewähren sie doch den wenigsten Vortheil, theils weil viel Abgang, viel Brände und Glanzrußkohle entstehen, theils weil sich damit kein bestimmter Grad der Verkohlung erzielen läßt. Man erhält nur Schwarzkohle.

Die gewöhnlichen Meiler sind für die Zwecke der Pulvermühlen nicht zulässig, weil das geringste Sandkorn, welches mit den Kohlen unter die Pulvermasse kommt, durch Funkenzeugung unter den Maschinen gefährlich werden kann. Doch hat man seit den ältesten Zeiten eine Art Grubenverkohlung ausgeführt. Solche Gruben sind viereckig und flach, mit Backsteinen ausgemauert, welche auf die hohe Kante gestellt werden. Bei ungefähr 6 F. (4,8' rh.) Tiefe ist ein Umfang von 12 F. (9½' rh.) im Geviert hinreichend für die Verkohlung von 20 Etrn. Holz. Der Rand der Grube muß festgeschlagen und geebnet sein; auch müssen zur Seite weicher, thoniger Sand, der sich leicht ballt und wollene Decken bereit liegen. Das Kohlholz ist zu Bündeln zusammengebunden, einige Hundert an der Zahl, welche mit einiger Regelmäßigkeit in zwei Lagen übereinander eingesetzt werden, die zusammen 4 F. (3½' rh.) über die Grube hervorstecken. Mitteltst einer zuvor in die Quere eingelegten Stange bewirkt man leicht, daß eine Reihe Bündel höher zu stehen kommen, als die benachbarten, wodurch ein Kanal ausgepart bleibt, welcher von vorn her offen sein muß, weil er als Zündgasse dient. Durch Späne und Stroh, welche man hineinbringt und anzündet, wird der Einsatz in Brand gesteckt, worauf die Mündung der Zündgasse rasch mit Holzbündeln verschlossen werden muß, um den übermäßigen Zutritt der Luft abzuhalten. Allmählig greift nun die Flamme durch, verzehrt endlich die Stange, die Zündgasse bricht ein und die Holzmasse sinkt zusammen. Diese ist nicht hinreichend, um nach dem Verlöschen der Flamme die Grube zu füllen. Deshalb giebt man nach und nach noch einmal so viele Bündel auf, als anfangs eingesetzt wurden. Dabei wird es aber nöthig, weil die regelmäßige Schichtung zerstört ist, der gleichförmigen Kohlung hier durch Auslockern, dort durch Zusammenstoßen nachzuheifen. Die Arbeit ist beendet, wenn die Flammen allenthalben verlöschen. Alsdann beeilt man sich, den Luftzutritt durch Auflegen der nassen Wollendecken auf die geebnete Kohlenmasse abzuschneiden. Obenauf schaufelt man eine Lage Sand und tritt diese Decke fest auf. Nach drei oder vier Tagen können die Kohlen gezogen werden, welche mit Sorgfalt von Erde und Bränden gereinigt werden müssen. Man soll bei diesem sehr mangelhaften Verfahren 16 bis 17 % Kohle erhalten. Weder die Form der Grube, noch die

Anwendung des Sandes ist zweckmäßig zu nennen. Daher findet man dieselben oft gegen runde eiserne Kessel mit Deckeln vertauscht, welche zwar eine Kohle ähnlicher Art, aber eine Ausbeute von 23 % geben sollen.

Die Kohle der Defen, Gruben, Kessel ist Schwarzkohle und bildet lange klingende Stäbe, welche nicht mit Glanzkohle behaftet sein müssen. Im Gegensatz dazu heißt die Kohle der Cylinder »destillirte Kohle«. —

In allen Fällen ist es gerathen, die Kohlen vor der weiteren Verarbeitung von Sand und ähnlichen Unreinigkeiten zu befreien, was entweder durch Auslesen mit der Hand, oder — wie in der französischen Revolution, wo es galt, keine Zeit zu verlieren — dadurch, daß die Arbeiter die Kohlen mit Wurfschaufeln dem Luftzug entgegenschaukeln, welcher Staub und Sand mit wegnimmt.

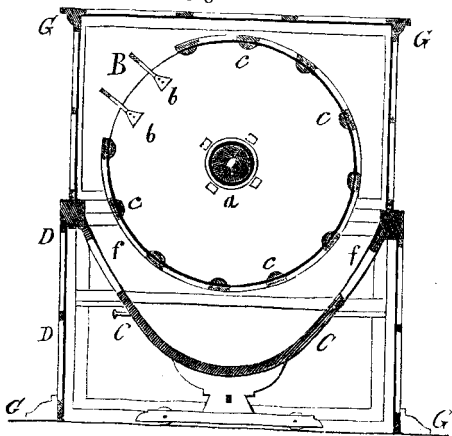
Verfertigung des
Sages
und weitere
Behandlung.

Es ist schon darauf hingewiesen worden, daß innige Mengung und folglich die feine Zertheilung seiner Bestandtheile, auf die Güte des Pulvers wenigstens von ebenso großem Einfluß sind, als das richtige Mischungsverhältniß. Daher die besondere Sorgfalt beim Pulvern und Mischen, so wie die eigenthümliche Einrichtung der hierzu dienlichen Vorrichtungen. Wie man auch zu Werke gehen mag, so ist der Zweck immer derselbe, nämlich das Pulvern und Mengen der Bestandtheile zu einem feuchten, möglichst dichten Teig, welcher in gleich große Körner zerbrockelt wird. Diese müssen noch gesiebt, getrocknet und unter Umständen geglättet werden.

Die Pulverisir-
trommeln
und das Re-
volutionsver-
fahren.

Seit der Revolution sind die in den damaligen dringenden Zeiten erfundenen Pulverisirtrommeln sehr in Aufnahme gekommen. Es sind diese an einer Ase, sowie in Fig. 127. aufgehängte Tonnen von 44 Zoll Länge und ungefähr demselben Durchmesser, welche an der inneren Wand mit einer Anzahl (etwa 12) Leisten versehen sind, die um 8 Linien vorspringen. Zuweilen sind diese Tonnen von Holz, öfter von starkem Leder gemacht, welches auf ein hölzernes Trommelgerüste aufgenagelt wird. Eine solche mit dem Zubehör ist in der Fig. 122. abgebildet: *a* ist die Umdrehungsaxe, *c, c, c* u. c. die Leisten. Bei *B* befindet sich eine Klappe oder Thüre, welche durch die Bänder *b, b* und durch Bolzen festgehalten wird. Um das Verstäuben zu verhüten, ist die Trommel mit einem Gehäuse aus Holzrahmen *G, G, G, G* umgeben, über welche von innen Leder gespannt ist. In dem unteren Theil dieses Gehäuses ist die Wand *D, D* beweglich eingefest und durch Riegel gehalten, damit man den Trog *C, C*, welcher deshalb auf Rollen steht, zum Entleeren der Tonnen ein- und ausfahren kann. Um zu verhüten, daß der

Fig. 122.



ist der Trog so abgepaßt, daß sein Rand genau an den inneren trichterförmigen Ansaß *f, f* des Gehäuses anschließt. Die Pulverisirung geschieht in dieser Ma-

schine durch eine Masse kleiner Bronzekugeln von der Größe der steinernen Spielkugeln für Kinder ($3\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser), welche durch das Umlaufen bewegt werden. Die Geschwindigkeit darf deshalb nur so groß sein, daß die Kugeln auf eine gewisse Höhe gehoben werden und von da unaufhörlich über die Leisten zurückfallen; im Gegentheil, bei übertriebener Geschwindigkeit, würden sie vermöge der Schwungkraft unbeweglich an den Umfang angebrückt bleiben. Um ein Beispiel anzuführen, so giebt man zu franz. Jagdpulver 36 Pfd. Kohle mit 3 Etrn. Bronzekugeln in die Trommeln, welche man damit, bei 30 Umdrehungen in der Minute, 12 Stunden umlaufen läßt. Nach Ablauf dieser Zeit fügt man den Schwefel (30 Pfd.) in Stangen dazu, welcher auf gleiche Weise zerkleinert und dabei zugleich mit der Kohle gemischt wird. — Zum Entleeren der Tonne nimmt man den Deckel ab und spannt ein Messingsieb vor die Oeffnung, welche dann zu unterst gekehrt wird. Auf diese Art fällt die Masse allein in den Trog und die Kugeln bleiben zurück.

Die Pulverisir-
trommeln
und das Re-
volutionsver-
fahren.

So vorbereitet setzt man der Masse das Salpetermehl zu und läßt diese, sowohl um ihr denselben gehörig einzuverleiben, als auch um die Pulverung noch weiter zu treiben, in einer andern Trommel ein zweites Mal ebenso lange, aber mit zinnernen anstatt der Bronzekugeln, umlaufen. Die fertige Masse muß nunmehr zu Kuchen geformt werden. Zu dem Ende feuchtet man dieselbe mit $\frac{1}{10}$ Wasser zu einem Teig an, streicht diesen 4 Linien dick auf eine Kupferplatte und be-

Fig. 123 u. 124.

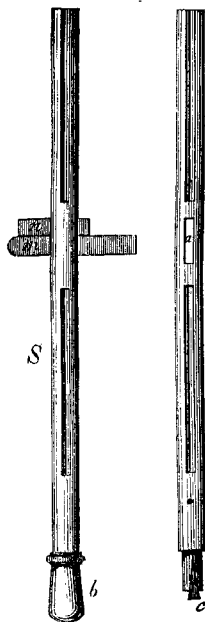


Fig. 125.

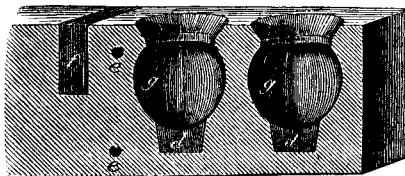


deckt ihn mit nasser Leinwand, worauf eine zweite Lage gebracht wird u. s. f., bis der Stoß hinreichend hoch ist, um eine hydraulische Presse zu füllen. Darunter werden die Schichten auf $\frac{1}{3}$ ihrer Dicke zusammengepreßt, was sich leicht erzielen läßt, wenn man dieselben mit Holzrahmen von dieser Dicke umgiebt.

Die Bronzekugeln sind bei diesem übrigens sehr vortheilhaften Verfahren der Pulverung einer merklichen Abnutzung unterworfen (welche zum Theil von einer chemischen Einwirkung des Schwefels herkommen soll), und müssen jedenfalls aus möglichst hartem Metall gegossen werden (4 Kupfer auf 1 Zinn). —

Nach der älteren, aber noch immer sehr verbreiteten Methode, geschieht das Pulvern, Mengen und Dichten des Salzes gleichsam in einer Operation und zwar in großen, durch Maschinen bewegten Mörsern, den Stampfmühlen Fig. 123. u. 124. Die Mörser *g g* sind in einer Reihe in einen schweren eichenen Balken eingestemmt,

Fig. 126.

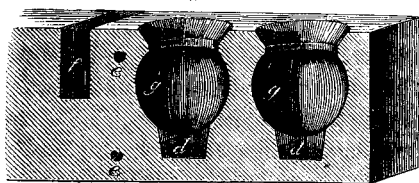


nahe kugelförmige Höhlungen, worin sich die Stempel Fig. 125. auf- und niederbewegen. Diese

Pulvermischen
mit Stampfen.

Fußermühlstein
mit Stempel.

sind unten mit einem Schuh aus Bronze *b* versehen, in welchen der Stempel
Fig. 126. dadurch eingefeilt wird, daß man den Keil *c* und den Schuh *b* zu
Fig. 126.



Fasern im ersten Fall leicht ausplittern, nutzen sie sich in der letzteren Richtung viel langsamer ab. Nach der Lage des Mörserklozes wurden nun die Streiche von *b* gerade durch Querholz aufgefangen, darum ist an dieser Stelle ein Stück harten Hirnholzes *d, d* eingesetzt. Größerer Stärke wegen sind um den Balken mehrere Bänder *f* und durch denselben mehrere Anker *e, e* gezogen, welche beide verdeckt unter Holz liegen müssen, damit keine Funken entstehen. Die Gestalt der Stempel und Mörser ist nichts weniger als gleichgültig, denn davon hängt es ab, ob der teigige Saß in allen seinen Theilen getroffen wird, oder nicht. Wenn beide Stücke die hier abgebildete Gestalt besitzen, so wird die Masse durch die Schläge nach den Seiten gequetscht, mehr und mehr aufsteigen, sich dadurch umbiegen und allmählig unter den Stempel zurückkommen. Die Mörser haben 14 Zoll Durchmesser und 9 Zoll Oeffnung bei einem Abstand von 17—18 (17,8—18,8" rh.) Zoll von Mittelpunkt zu Mittelpunkt. Gewöhnlich umfaßt die Mühle zwei Reihen von je 10 Mörsern. Die Stempel wiegen im Ganzen 80 Pfd., davon kommt die Hälfte auf den Bronzeschuh, welcher aus 100 Kupfer auf 22 Zinn besteht, und die Hälfte auf den Balken, der, um ihm das überflüssige Gewicht zu benehmen, kanellirt ist. Die senkrechte Bewegung wird durch zwei parallele Balken des Gerüsts hervorgebracht, zwischen denen sie auf- und niedergehen. Wenn man endlich in der höchsten Stellung der Stempel einen hölzernen Riegel in das Loch *o* einschiebt, so stützt sich dieser auf die Querbalken, wodurch die Wellen daumen außer Angriff und die einzelnen Stempel zum Stillstand kommen.

Beim Abwägen der Mischung wird dieselbe in Antheile von 20 Pfd. getheilt, soviel bearbeitet jeder Mörser nämlich. Salpeter und Schwefel kommen in ein Traggefäß zusammen, die Kohle in ein anderes für sich. Mit dem Einstampfen der letzteren beginnt die Arbeit. Zu dem Ende müssen alle Mörser mit der Kohle beschießt werden, welche man durch und durch mit etwas weniger als einem gleichen Gewicht Wasser befeuchtet. Hierauf setzt man die Stempel in Gang. Diese werden bei jeder Umdrehung der Daumenwelle zweimal, und zwar auf $1\frac{1}{2}$ F. gehoben, und machen in der Minute ungefähr 60 Schläge. Nach 20 bis 30 Minuten ist die Kohle in einen zarten Brei verwandelt. In diesem Zeitpunkt stellen die Arbeiter die Maschine ein, streichen die auf den Rand geworfene Kohle sauber in den Mörser zurück, und fügen den Salpeter und Schwefel, und wieder halb so viel Wasser als das erste Mal hinzu. Es ist ganz und gar unmöglich, durch die bloße Thätigkeit der Maschine eine gleichförmige Masse zu erhalten, schon darum nicht, weil sich immer auf dem Boden eine Kruste an-

setzt, welche natürlich — insofern sie den Bewegungen des übrigen Sazes nicht mehr folgt — auch nicht weiter gemischt und gepulvert wird. Die Arbeiter müssen daher in's Mittel treten. Um sich ihrer mehr zu versichern, ist ihnen vorgeschrieben, von Zeit zu Zeit den Inhalt der Mörser gegen einander zu vertauschen. Bei dieser Gelegenheit wird alles Festhängende sorgsam ausgekratzt und je nach dem Ermessen des Aufsehers so viel Wasser nachgegossen, als zur Erhaltung der teigigen Beschaffenheit nothwendig ist. Denn man sieht leicht, daß davon die richtige Bewegung des Sazes in den Mörsern abhängt; zu naß würde derselbe zu sehr an den Wänden hängen bleiben, zu trocken, leicht herausgeworfen werden. Die erste Umleerung geschieht nach 2000, die folgenden nach jedesmal 4000 Schlägen. Der Inhalt des ersten Mörsers wird in ein nebenstehendes Gefäß geschart, der des zweiten in den leer gewordenen ersten, der des dritten in den zweiten u. s. f., bis endlich das Gefäß in den letzten entleert werden kann. Um Zeit zu ersparen, fängt man mit dem ersten und sechsten Mörser zugleich an. Nach den letzten Umleerungen läßt man die Stempel noch zwei Stunden ununterbrochen wirken, um die Masse zu dichten. Im Ganzen dauert die Bearbeitung in den Mörsern 14 Stunden, wovon 4 Stunden auf die Zwischenarbeiten kommen. — Wenn das Pulvern vorher in den Trommeln vorgenommen und nur das Mischen und Dichtmachen des Sazes den Mörsern überlassen bleibt, so erleidet die Stampfzeit natürlich eine entsprechende Abkürzung.

In Italien hat man schwere Metallmörser; in der Schweiz, z. B. in Bern, wo ein berühmtes Pulver erzeugt wird, statt der Pochstempel, durch Wasser bewegte Hämmer.

Ganz abweichend von den bisher beschriebenen Methoden ist diejenige, welche sich der Mühlen mit stehenden Steinen, Läufern, bedient und die Mühlesteinmethode genannt wird. Es sind dies dieselben bekannten Einrichtungen, welche zum Zermahlen der Delsaamen u. dgl. dienen. Zwei aufrecht stehende Steine drehen sich um eine gemeinschaftliche, waagrechte Ase, welche sich ihrerseits sammt diesen beiden Läufern um eine andere senkrechte Welle (im Mittelpunkt des runden, flachliegenden Lagersteins) bewegt. Die Läufer sind, wie die französischen, aus einer Art Stinkstein gehauen, der sich bei Namur findet, sonst aus Marmor, Kupfer, oder wie in England aus Gußeisen und — um Funken zu vermeiden — in einen Ring von Bronze eingefast. Ihr Durchmesser ist 6 F. (4,8' rh.) und weniger, bis 10 F. (7,96' rh.), ihr Gewicht gewöhnlich 50—100 Ctr., doch hat man sie auch über und unter diesem Gewicht. Sie drehen sich 8 bis 10mal in der Minute und schleifen ein hölzernes Streichmesser hinterher, welches die ausgewichene Masse wieder in die Bahn bringt. Wenn der eine Läufer um den Betrag seiner Dicke der senkrechten Welle näher gerückt wird als der andere, so gewährt dies den Vortheil, daß die Masse, welche von dem einen Stein nach innen gequetscht wird, dadurch gerade in die Bahn des andern kommt. Die Wirkung solcher Steine ist dem Zweck im Ganzen weit angemessener, als die der Mörser oder Trommeln, was man leicht einsehen wird, wenn man sich die Art ihrer Bewegung genau vergegenwärtigt. Diese Bewegung ist nämlich zunächst eine rollende (um die waagrechte Ase), wodurch der Stein das Bestreben erhält, in gerader Linie (nach der Tangente) fortzulau-

Pulvermühlen
mit stehenden
Steinen.

Pulvermühlen
mit stehenden
Steinen.

Pulvermischen
mit Stehenden
Steinen.

fen. Diesem Bestreben widersteht sich die Drehung des Ganzen um die senkrechte Welle, welche die Steine jeden Augenblick mit Gewalt von der geraden Bahn ab- und in die kreisförmige zurücklenkt. Daraus entstehen zweierlei Wirkungen, welche in jedem Augenblick zugleich thätig sind: eine durch das Rollen, welches die zu bearbeitenden Stoffe bloß zerquetscht, und eine schleifende, welche sie zerreißt. Solche Mühlen vereinigen also die Wirksamkeit bloßer Walzwerke und der Mahlmühlen mit waagrecht laufenden Steinen. Es ist nicht zu verkennen, daß insofern die Verarbeitung des Pulversatzes auch gefahrbringender wird, doch geschieht das Mahlen nicht trocken.

Anfangs ist die Bewegung der Steine rascher, weil es sich mehr um das Zerkleinern der Masse handelt. Später, wenn diese gleichförmig salbenartig geworden, mäßigt man die Geschwindigkeit soweit, daß die Steine mehr drückend, als Presse wirken, um dem Satz die gehörige Dichtigkeit zu verleihen. Damit derselbe hierbei keine zu dicke Lage bilde, dürfen nicht mehr als 40 bis 60 Pfd. auf einmal in Arbeit genommen werden.

In Belgien und Deutschland zermalmst man Salpeter und Schwefel für sich unter den Läufers und setzt dann die Kohle in Stücken zu. In England zerknirscht man den Schwefel für sich, die Kohle mit dem Salpeter zusammen, jedes zwischen besonderen Walzen und giebt das Gemenge nachher unter die Läufer. Zu Le Bouchet in Frankreich endlich, wo die Mühlsteine besonders beim Jagdpulver Anwendung finden, geschieht das Zerkleinern in den beschriebenen Trommeln, das Mengen und Dichten aber unter den Mühlsteinen. Nach der Erfahrung ist der Vortheil auf Seiten derjenigen, welche die Stoffe vorher zerkleinert und gemengt unter die Mühlsteine bringen.

Zweck des Verdichtens.

Da die Wirksamkeit des Schießpulvers beim Anzündens von der Bervielfachung seines ursprünglichen Raums durch die Gasbildung abhängt, so muß diese Wirkung natürlich in beiden Fällen wachsen, ob man die Menge des Gases vermehrt, oder den anfänglichen Raum des dazu gehörigen Gewichtes Pulver vermindert. Diese Verminderung wird nun gerade durch das mehr erwähnte Verdichten, oder Pressen bewirkt, ist also von um so eingreifenderer Wichtigkeit, als bei den darauf folgenden Arbeiten wenig oder nichts mehr dazu gethan werden kann. Diesen Zweck, das Verdichten, hat man denn auch für wichtig genug gehalten, um ihm hie und da besondere Maschinen zu widmen. Sie sind mit drei Walzen versehen, welchen die Masse durch Lächer ohne Ende zugeführt wird. Das eine davon umfaßt die beiden oberen, das andere allein die untere Walze. Ein Trichter befördert die Masse zwischen die beiden Lächer, mit denen sie zwischen den Walzen durchgeht, um auf der andern Seite als ein Kuchen zum Vorschein zu kommen, der durch sein eigenes Gewicht abbricht und herabfällt. Die Kuchen sind anfänglich 8 Linien dick und werden auf $\frac{1}{4}$ der Dicke zusammengepreßt.

Das Körnen.
Warum es
nothwendig.

Bei jedem Verfahren, wie sie hier beschrieben sind, erhält man zuletzt den Satz in der Gestalt von Kuchen verschiedener Dicke und Härte, welche noch in Körner, die einzige zulässige Form für den Gebrauch des Pulvers, verwandelt werden müssen. Die Gründe dafür sind mehrere von gleicher Wichtigkeit. Von größeren Stücken oder Brocken kann natürlich keine Rede sein,

aber es verdient angeführt zu werden, worin die Vorzüge des geßörnten Pulvers, welches die Franzosen zuerst einführten, vor dem staubförmigen oder »Mehlpulver« bestehen, wie es bis zum 14. Jahrh. allein bekannt war. Einmal ist Mehlpulver unbequem zu handhaben und zu stark schmutzend, ferner bietet es keine hinlängliche Sicherheit für genaue Erhaltung des Mischungsverhältnisses. Denn bei einem längeren Transport würde nicht nur ein größerer Theil verstauben, sondern es würde sich auch der Schwefel und Salpeter, welche viel schwerer sind, mehr an den Boden der Säcke oder Kasten begeben, während die leichtere Kohle die Oberfläche suchen würde. Zudem lehrt die Erfahrung, daß eine Masse in dichten Körnern weit weniger Feuchtigkeit anzieht, als ein mehlförmiger Staub. Ein Hauptpunkt ist endlich die beträchtlich geringere Endzündlichkeit, d. h. der Umstand, daß von zwei gleichen Ladungen Mehl- und Kornpulver die letztere ungleich rascher abbrennt und in diesem Verhältniß besser wirkt. In einer Pulvermasse verbreitet sich die Entzündung, wenn auch schnell, doch immer von Theilchen zu Theilchen. Dies geschieht entweder durch die glühenden Theile selbst, aber alsdann viel langsamer, oder durch die Flamme, wenn diese hinreichend weite Zwischenräume findet, um in der Masse vordringen zu können. Das Erstere ist bei Mehl-, das Andere bei Kornpulver der Fall; wenn also von diesem nur wenige Körner entzündet sind, so wird es alsdann — wegen der Flamme, die sich durch die Ladung verbreitet — gerade so sein, als ob man das übrige an vielen Punkten zu gleicher Zeit entzündet hätte. Nach Piobert's Versuchen brennt Pulver von einer Dichte = 1,5 in Schichten von 5,2 bis 8 Linien in der Secunde ab, während diese Schichten bei Mehlpulver nur 3,6 Linien betragen. Auch die Erfahrungen, welche man mit den bekannten Zündhütchen gemacht hat, beweisen das Nämliche; dieselbe Ladung trägt nämlich weiter, wenn sie mit einem solchen, als mit Stein und Zündpfanne abgefeuert wird. Die Zündhütchen gewähren mithin bei gleichen Wurfweiten eine Ersparniß an Pulver; denn die Flamme, welche nach alter Art der Funken auf der Zündpfanne entwickelt, ist zumeist nach außen gerichtet, während der Flamme des Hütchens (Knallquecksilbers), nach der Einrichtung der Percussionsgewehre, nur der Weg nach innen, nach der Ladung offensteht, wo sie sich denn mit Gewalt in die Zwischenräume der Körner eindrängt, und in derselben Zeit eine größere Anzahl davon entzündet, als sonst durch Stein und Stahl möglich war. Die Wirkung ist also ungefähr so vergrößert, als ob man eine Ladung nach alter Art durch mehrere Zündlöcher zugleich abgefeuert hätte. Am meisten ist die Fortpflanzung des Feuers in zusammenhängenden Stücken von Pulver vermindert; dies geht so weit, daß es alsdann mehr mit heftigem Feuerstrahlen, als mit einer wirklichen Explosion verbrennt. Bei grobkörnigem Pulver ist daher die Explosion geschwächt und weniger plöglich. Man weiß nun von diesem Verhalten, was die Feuerwaffen betrifft, in der Ausübung den richtigen Gebrauch zu machen. Für den Jagdgebrauch, wo die Läufe sehr sorgfältig und aus dem reinsten, zähsten Eisen gearbeitet sind, also einen sehr großen Widerstand leisten, hat man nicht nöthig, die raschere Explosion zu scheuen. Das Jagdpulver ist daher am feinkörnigsten. Die Geschütze sind dagegen, anstatt aus einem zähen, vielmehr aus einem sehr spröden Material gemacht, wel-

Das Körnen.
Warum es
nothwendig.

Das Körnen. Dies durch einen plötzlichen Stoß viel leichter springt. Das Kanonenpulver muß also am grobkörnigsten sein, während dieselben Gründe für Musketenpulver ein mittleres Korn vorschreiben.

Wie es gewöhnlich geschieht.

Das Körnen ist nichts als ein Zermalmen der Pulverkuchen zu Stücken von ungefähr dem Korn des groben Sandes, wobei man immer dreierlei erhält: zu große Körner, Korn von der richtigen Größe (in mehreren Abstufungen) und Staub, welche durch eine Anzahl Siebe von einander getrennt werden. Es hängt alsdann von dem Zweck ab, ob man diese Abstufungen als besondere Sorten zu scheiden hat, oder, wie bei dem Sprengpulver, untereinander gemengt lassen muß. Nach dem gewöhnlichen Verfahren werden die Kuchen zuerst mit Handhämmern zerschlagen und dann auf die sogenannten »Schrotsiebe« gebracht, welche nicht sowohl zum Absondern, als vielmehr zum weiteren Zerkleinern dienen. Sie sind von Pergament oder Leder, worin mit einem Durchschlag genau runde und gleiche Löcher eingeschlagen sind. Mit den zerschlagenen Kuchen kommt zugleich eine linsenförmige Scheibe von hartem Holz, zuweilen mit Blei beschwert in die Siebe, worin sie vermöge der schüttelnden Bewegung, welche der Arbeiter ausübt, im Kreise herum über das Pulver wegläuft und dieses mit gelindem Druck so lange knirscht, bis es klein genug ist, um durch die Löcher zu fallen. Die Kornsiebe aus Messingdraht und die Staubsiebe aus dichtem Haargewebe trennen den Staub und das Grobe von dem reinen Korn.

Für Jagdpulver, welches einen höheren Preis hat und deshalb eher kostspielige Einrichtungen möglich macht, bedient man sich in Frankreich einer eigenen Siebmachine, welche aus acht, zu gleicher Zeit bewegten Siebapparaten besteht, von denen jeder selbstständig körnt. Lederne Schläuche führen den Staub nach einem besonderen Kasten. Wollte man die Schrotsiebe so eng wählen, daß gleich anfangs nur Korn von der richtigen Größe (und Staub) durchginge, so würde verhältnißmäßig zuviel von dem letzteren entstehen. Deshalb zieht man weitere Schrotsiebe vor, welche in ein zweites Sieb nunmehr ein Gemenge von Grobem, von Jagdkorn und von Staub fallen lassen. Die beiden letzteren gehen durch, das Grobe aber wird auf eine sinnreiche Art den Schrotsieben wieder zugeführt. Die zermalmte Masse ist nämlich in steter und zwar rascher Kreisbewegung begriffen. Ein löffelartiger Lauf (Wahn) von Kupfer ragt nun in das Sieb hinein und ist gerade dem Strom entgegen, also in der Richtung der Tangente angebracht, einer Richtung, in welcher die Schwingkraft die Körner wegzuschleudern strebt. Sie werden also in diese Rinne einlaufen und bei der vorhandenen Geschwindigkeit, darin in das erste Sieb zurücksteigen. Gerade so wird das gute Korn aus der Maschine in Schläuche abgeführt.

Und nach Champy.

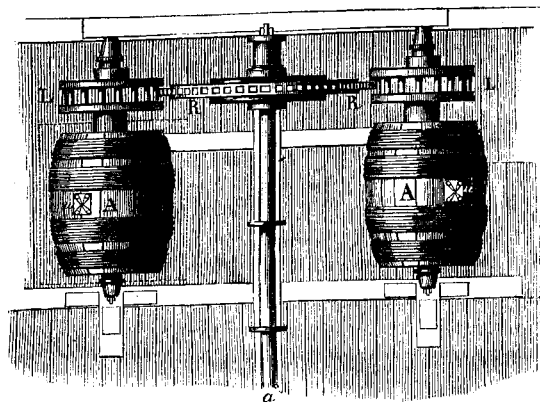
Es würde zu weitläufig sein, alle die Vorrichtungen und Maschinen zu erwähnen, welche hie und da aufgefunden, aber nicht allgemein eingeführt wurden. Doch muß bemerkt werden, daß in allen diesen Fällen nur eckige und unregelmäßige Körner entstehen. Eine Ausnahme macht das Verfahren, welches in Bern angewendet wird und von Champy mit einigen Aenderungen in Le Bouchet für Sprengpulver eingeführt wurde. Das Körnen geschieht dabei ganz abweichend und zwar, wie folgt. Durch die hohle Ase einer umlaufenden hölzernen Trommel geht das Ausflußrohr eines Wasserbehälters und endigt in der

Mitte mit einer feinen Brause, welche einen dünnen Regen in den Pulverstaub sprüht, womit die Trommel angefüllt ist. Jedes Tröpfchen bildet auf diese Art den Mittelpunkt eines kleinen aber vollkommen runden Kornes, welches laminenartig wachsend, auf eine beliebige Größe gebracht werden kann. Die Absonderung des Staubes und die Scheidung des Groben geschieht wie gewöhnlich durch Siebe.

Auch eckiges Pulver kann durch eine nachträgliche Vorrichtung, das »Glätt- Das Glätten« ten oder Poliren« rund gemacht werden, welche eigentlich nur die Bestimmung hat, der Oberfläche der Körner Festigkeit und Glanz zu verleihen, um dem Pulver das Abfärben und Schmutzen zu benehmen. Das Glätten ist deshalb für Jagdpulver überall, für Kriegspulver aber nur in einem Theil der europäischen Staaten im Gebrauch, weil die übrigen Vortheile, welche damit erzielt werden, sehr unentschieden sind.

Zum guten Erfolg des Glättens ist ein gewisser Feuchtigkeitsgrad des Pulvers erforderlich, der am besten durch vorläufiges Abtrocknen desselben in der Sonne, aber noch sicherer dadurch erreicht wird, daß man einen Theil gelinde abgetrockneten Pulvers, mit hinreichend ungetrocknetem derselben Gattung vermengt. In diesem Zustand läßt man es durch die Klappen *u, u* der »Rollfasser« *A, A* Fig. 127. einlaufen, welche durch ein, auf der verlängerten Achse *a*

Fig. 127.



des Wasserrades aufgezogenes Zahnrad *R, R* und die Getriebe mit Stöcken *L, L* um sich selbst gedreht werden. Bei einer übertriebenen Geschwindigkeit würden die Körner eher zertrümmert als geglättet werden, was nur dann mit Vortheil geschehen kann, wenn die Fässer so langsam gehen, daß die Körner oben übereinander zurückrollen und sich dadurch gegenseitig abrei-

ben. Um die Reibung gehörig einzuleiten, dürfen die Fässer nur bis auf $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ angefüllt sein — so daß in ein Faß von 64 Zoll Länge und 48 Zoll Durchmesser 2 Etr. Pulver kommen — und um sie zu vermehren, sind in den Fässern von einem Boden zum andern 4 Stäbe durchgezogen.

In der Regel läßt man die Fässer erst langsam und gegen Ende mit steigender Geschwindigkeit laufen. In Frankreich z. B., wo das Glätten 36 Stunden dauert, dreht sich ein Faß in den ersten 12 Stunden 9—10mal, in den folgenden zwölf 30mal in der Minute und in den letzten 12 Stunden wieder abnehmend langsamer. In England ist die Bewegung anfangs ebenfalls langsamer, dann läßt man 5 Stunden lang 38, dann 3 Stunden 20 Umbrehungen in der Minute machen und zuletzt noch 2 Stunden ganz langsam laufen.

Die Verminderung der Geschwindigkeit gegen Ende ist zur Abkühlung des Pulvers nöthig, welches sich auf 50—60° C. erwärmt und in diesem Zustande an der Luft von seinem Glanz verlieren würde. — Geglättetes Pulver zieht weniger Feuchtigkeit an und läßt sich weit besser aufbewahren; dagegen geht durch festere Oberfläche an Entzündlichkeit verloren. Deswegen wird in Oesterreich das Pulver schon nach 8—10 Stunden aus den Rolfässern genommen, wo es erst einen matten Glanz besitzt. Bemerkenswerth ist, daß die oben erwähnte geringere Entzündlichkeit durch einen Zuwachs an Dichtigkeit ausgeglichen wird, welcher um so erheblicher ist, je feuchter das Korn war. Zu Le Vouchet gemachte Versuche zeigen dies deutlich; man fand daselbst, im Vergleich mit dem Gewicht eines Raumtheils Wasser,

	das Gewicht von 1 Raumtheil Pulver
Vor dem Poliren	0,810
Nach 4stündigem Umlauf d. Fässer . . .	0,833
" 8 " " " " . . .	0,846
" 20 " " " " . . .	0,869
" 25 " " " " . . .	0,870
" 30 " " " " . . .	0,889
" 42 " " " " . . .	0,893

Das Trocknen.

Alles neu gekörnte oder auch geglättete Pulver ist zum unmittelbaren Gebrauch zu feucht und muß getrocknet werden. Es ist dabei wesentlich, der Festigkeit des Kornes nicht durch übereiltes Trocknen zu schaden, wenn man ein Pulver erhalten will, was nicht zu leicht feucht wird, und gelindes langsames Trocknen daher erste Regel.

In dieser Beziehung zweckmäßig, aber wegen der Abhängigkeit von der Witterung und dem Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre unbequem und unsicher ist das Trocknen in freier Luft, im Schatten oder Sonnenschein. Auf Trockentüchern, in 1½ bis 3 Linien dicken Schichten ausgebreitet und von Zeit zu Zeit gewendet, sind in der Sonne, wobei es sich auf 60—70° C., 4 Stunden, im Schatten, wobei es sich auf 25° C. erwärmt, 9 Stunden zum Trocknen des Pulvers nöthig. Ungleich sicherer ist das Trocknen in einem geschlossenen, mit Dampf geheizten Raume, worin die Temperatur anfangs auf 19° C. erhalten, später auf 50° C. gesteigert wird. Das ohne Zweifel wirksamste Verfahren, wobei mit der nöthigen Wärme auch für die Ableitung des Wasserdunstes durch Luftwechsel gesorgt ist, ist das Trocknen durch Ventilation, wie es in Frankreich gebräuchlich ist. Ein Ventilator treibt einen Luftstrom durch einen Kasten, worin er mittelst darin befindlicher Dampfrohren erwärmt und alsdann von unten die Wollendecken mit der 1½ Zoll starken Pulverlage, welche gleichsam den Deckel des Kastens bilden, durchdringt. Dadurch kommt jeden Augenblick neue trockne Luft zwischen die Körner.

Das fertige Pulver wird entweder in Säcke, welche in Fässer eingefest sind, oder in doppelte Fässer, von denen das innere mit Papier ausgeklebt ist, oder endlich in Blechbüchsen (Jagdpulver) verpackt. In der Marine sind kupferne, in Holz eingefütterte Kasten üblich. Immer enthalten die Gefäße nur Quantitäten von 1 Ctnr. oder weniger.

Schon aus dem Ansehen und der äußeren Beschaffenheit des Pulvers, kann mit ziemlicher Sicherheit auf seine Güte geschlossen werden. Die Farbe ist gewöhnlich die Schieferfarbe, dunkelgraublau, nur bei dem Pulver aus destillirter Kohle in's Braune gehend. Eine rein schwarze Farbe deutet auf zuviel, oder zu harte Kohle. Jedenfalls muß die Farbe vollkommen gleichförmig sein; mit der Loupe oder dem bloßen Auge erkennbare helle Flecken und schimmernde Punkte, beweisen Mangel an Gleichförmigkeit. Dieser kann von vorn herein durch schlechte Bearbeitung der Masse, oder auch dadurch verschuldet sein, daß der Salpeter durch nochmaliges Trocknen des feucht gewordenen Pulvers, an der Oberfläche efflorescirt ist. Gehörig trocknes und staubfreies Pulver darf, über die Hand oder Papier gerollt, nicht abfärben, es muß knirschen, wenn es zusammengeedrückt wird, die Körner dürfen sich nur schwierig zerdrücken lassen und beim Anzündn in freier Luft soll möglichst wenig Rückstand bleiben. Auf Papier angezündet, darf dieses weder stark geschwärzt noch durchgebrannt werden.

Eine andere sehr wichtige Eigenschaft des Pulvers, seine Dichtigkeit, ist schon berührt worden. Daß hierbei nicht sowohl das spec. Gew. der einzelnen Körner, sondern vielmehr — was übrigens eng damit zusammenhängt — das Gewicht der Pulvermenge in Betracht kommt, welche dazu gehört, ein Maafß (z. B. 1 Litr. oder 1 C. F.) zu füllen, darf nicht übersehen werden. Weil nun von dieser Dichte zwei entgegengesetzte Eigenschaften abhängen, d. h. weil sich mit ihr die erzeugte Gasmenge beziehungsweise vermehrt, zugleich aber auch die Entzündlichkeit vermindert, so muß man sich in der richtigen Mitte halten. Ure fand bei 4 untersuchten Sorten (s. u.) das spec. Gew. (der einzelnen Körner) 1,793 — 1,800 und daß 1 Maafß Pulver der ersten Sorte 1,02mal, der 2ten 1,03 der 3ten 0,99 und der 4ten 1,05mal mehr, also fast genau das nämliche wiege, als ein gleiches Maafß Wasser.

Die Entzündbarkeit des trocknen Pulvers durch bloßen Stoß oder Schlag, ohne Feuer, ist eine bekannte Thatsache und mehrfach die Quelle von Unglücksfällen gewesen. Daß diese Eigenschaft nicht immer von zufällig eingemengten Bestandtheilen, wie Sandkörnern zc. herrührt, sondern dem Pulver eigenthümlich ist, beweisen die Versuche, welche man in Freiberg mit einem, zu diesem Zwecke ganz besonders aus chemisch reinen Ingredienzien, nämlich 63,3 Salpeter, 20,0 Schwefel und 16,7 Kohle hergestellten Sprengpulver vorgenommen hat. Von 10 Proben, welche in Papier gewickelt, dem Schlag eines schweren Hammers auf einem Ambos ausgesetzt wurden, explodirten 7 von dem gekörnten Saß, sogar 9 von demselben als Mehlpulver. Auch andere Sorten verhielten sich ähnlich. Für die Einrichtung der Pulvermühlen ist es wichtig zu wissen, daß die Explosion am leichtesten durch den Schlag von Eisen auf Eisen, Eisen auf Messing, Messing auf Messing, selbst noch von Blei auf Blei, und Blei auf Holz, nicht so leicht aber von Kupfer und Bronze gegeneinander, oder auf Holz erfolgt.

Ungeachtet das Pulver alle Bedingungen der Verbrennung (nicht nur Kohle, sondern auch Sauerstoff) einschließt, so erfolgt doch diese chemische Einwirkung erst bei der Temperatur der Glühhitze, nicht bei niederen Hitzgraden. Wenn man die Hitze allmählig und vorsichtig steigert, so schmilzt anfangs der Schwefel und entzündet sich zuletzt bei 150° C. gerade so, als ob er allein vor-

Eigenschaften
des Pulvers.

handen wäre und überträgt alsdann die Entzündung auf die ganze Masse des Pulvers. Wird dagegen der Einfluß der Luft beseitigt, geschieht die Erhitzung also z. B. in einem luftleer gemachten Gefäße, so läßt sich der Schwefel nicht allein schmelzen, sondern auch vollständig abdestilliren. Nach der Entfernung des Schwefels verhält sich der Rückstand gegen weitere Erhitzung wie gewöhnlich, der Salpeter kommt in Fluß und zersetzt sich endlich mit der Kohle. Jede plötzliche Steigerung der Temperatur bewirkt bei diesem Versuch Explosion, wie in der Luft. Am schnellsten und sichersten entzündet sich das Pulver, wenn es mit glühenden Körpern, Stahlfunken von der Batterie, glimmenden Linten, in Berührung kommt, oder von einer sehr heißen Flamme umgeben wird (bei den Zündhütchen). — Besonders merkwürdig, aber nicht dem Schießpulver allein, sondern allen ähnlichen Gemengen eigenthümlich, sind die (übrigens schwer zu erklärenden) von Hearder beobachteten Erscheinungen, wenn sie Bestätigung finden sollten. Er fand, daß Pulver unter einer luftleer gemachten Glocke durch den glühenden Platindraht einer starken galvanischen Batterie nicht entzündet werden kann. Der Schwefel schmolz und verdampfte gerade so, als ob man das Pulver vorsichtig von unten erhitzt hätte. Schon ein Theil der ausgepumpten Luft, in die Glocke gelassen, war hinreichend, die Explosion hervorzurufen; dasselbe erfolgte und zwar noch rascher bei bloßem Stickstoff, so daß es den Anschein hat, als sei die Entzündung nicht sowohl von Sauerstoff, sondern vielmehr von der Gegenwart eines Gases überhaupt abhängig. —

In dem Bisherigen ist gezeigt worden, daß die Schnelligkeit, womit sich das Pulver unter den gewöhnlichen Umständen entzündet, also seine Wirksamkeit, theils von dem Mischungsverhältniß, ganz besonders aber auch von der mechanischen Verarbeitung und dem Korn abhängt. Man kann nun als das beste Pulver dasjenige bezeichnen, welches sich nicht zu plötzlich, aber doch vollständig entzündet, ehe sich die entstandenen Gasarten in's Freie Bahn gebrochen haben, also z. B. ehe die Kugel den Lauf verlassen hat. Nicht selten kommen Pulversorten vor, welche in Folge fehlerhafter Beschaffenheit (gleichsam übertriebener Güte) zu plötzlich abbrennen und durch Zerschmettern der Läufe gefährlich sind. Sie verhalten sich wie das sogenannte Knallpulver, ein Gemenge von 3 Th. Salpeter (3 Aeq.), 1 Th. kohlenf. Kali (2 Aeq.) und 1 Th. Schwefel (5 Aeq.), welches sich mit furchtbarem Knalle schon bei 164° C. zersetzt und die stärksten Gefäße zerschmettert. Seine Zusammensetzung ist so, daß unter Entwicklung von Stickgas und Kohlensäure, schwefelsaures Kali gebildet wird, denn: $3\text{N}_2\text{O}_5 + 2\text{CO}_2 + \text{K}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 + 5\text{S} = 3\text{N}_2 + 2\text{CO}_2 + 5\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{O}$. Wie man sieht, ist die Menge des erzeugten (Stick- und Kohlensäure-) Gases geringer, als bei dem Schießpulver, und die Gefahr liegt nur in der Art der Entwicklung, welche in einem einzigen Zeit Augenblick stattfindet, also eine zu plötzliche ist.

Kraft des
Pulvers.

Die Kenntniß von der Kraft, welche entzündetes Schießpulver ausübt, — einer Kraft, welche die stärksten Eisen sprengt und eine vierundzwanzigpfündige Kugel mit mehr als der Geschwindigkeit des Schalles forttreibt *) — würde ohne Zweifel für die Wissenschaft und für die Praxis der Artillerie und

*) Der Schall legt 1357, die Kugel 1404 Fuß in der ersten Secunde zurück.

des Sprengens eine wichtige Bereicherung sein; leider sind nur die beiden zu Gebote stehenden Wege der Ausmittelung, die Berechnung und die unmittelbare Beobachtung, in gleich hohem Grade unsicher. Unter jener Kraft ist übrigens nichts Anderes, als der Druck zu verstehen, den die entwickelten Gase unmittelbar nach der Entzündung auf ihre Umgebung (die Wand des Laufes z. B.) ausüben. Um diesen Druck berechnen und mit dem der Atmosphäre vergleichen zu können, müßte:

- 1) die Menge des erzeugten Gases aus einer bestimmten Menge Pulver,
- 2) die Temperatur bei der Verbrennung und

3) bekannt sein, ob sich die Gase bei dieser hohen Temperatur noch nach demselben Gesetze ausdehnen, wie bei niederen Graden. — Ueber die beiden letzten Punkte ist man in vollkommener Ungewissheit; immerhin ist anzunehmen, daß die Temperatur wenigstens 1000° bis 1200° C. beträgt. Noch unbestimmter ist die Menge des entstehenden Gases. Wenn sich auch berechnen läßt, wie viel Raumtheile Stickgas, Kohlenoxyd oder Kohlenäure ein gegebener Satz liefern muß, so kommt doch noch in Betracht, daß einmal das Pulver stets Feuchtigkeit enthält und mithin der Wasserdampf *) und die Producte der Zersetzung, welche er mit der Kohle eingeht, ebenso mitwirken, wie das Schwefelkalium, dessen Uebergang in Dampf bei der hohen Temperatur nicht zu bezweifeln ist. Wieviel aber die Gasmenge durch Wasserdampf und Schwefelkalium vermehrt wird, liegt außer der Möglichkeit der Berechnung. Schon aus diesen Unregelmäßigkeiten erklärt sich, warum sich, wenn man das Gas auffammelt und mißt, so große Verschiedenheiten ergeben; so erhielten aus 1 Maas Pulver:

Robin	Saluces	Hawsbee	Gay-Lussac	Briançon
244	264	232	450	400

Maas Gas, worunter, insofern es kalt gemessen ist, das Schwefelkalium und der Wasserdampf nicht mit begriffen sind.

Außerdem sind noch zwei andere Punkte von bedeutendem Einfluß, welche ebenso wenig in Rechnung gebracht werden können. Dies ist vor allen die Luft, welche mit der Ladung eingeschlossen, sich durch die Hitze, wie die aus dem Pulver entwickelten Gasarten ausdehnt und die Wirkung desselben so vermehrt, daß bekanntlich durch lockeres Aufsetzen des Pfropfes, oder der Kugel, die Gewehrläufe springen und daß man damit beim Sprengen von Felsen bedeutende Ersparnisse erzielt **); ferner ist es die Thatsache, daß bei einem Schuß nie alles Pulver zur Entzündung kommt, sondern theilweise unverbrannt mit der Kugel fortgeschleudert wird. Rumford hat gezeigt, daß eine Pulverkugel (anstatt eines Bleischrots), auf die Ladung gesetzt, durch mehrere aufgespannte Papierbogen durchschlägt und zwar meistens ohne alle Spuren von Entzündung. Bringt

*) Rumford hat sich seiner Zeit (1800) sehr viel Mühe gegeben, die ungegründete Annahme zu beweisen, daß das Pulver allein durch seine Feuchtigkeit, d. h. durch plötzliche Bildung von Wasserdampf wirke, wonach es keine anderen als Dampfslinten und Dampfkanonen gäbe.

**) Um die Wichtigkeit dieser Ersparniß einzusehen, muß man die Kosten solcher Sprengungen kennen, welche beispielsweise bei den Philadelphia-Wasserwerken 36000 fl., bei dem Einschnitt am Galton-Hügel (Edinburgh) 12000 fl. für die bloße Sprengladung betrug. Selbst in gewöhnlichen Granitbrüchen kostet die Ladung für einen einzigen Schuß oft 36 fl.

Kraft des
Pulvers.

man in einen Pistolenlauf ein Stück glühendes Eisen und läßt darauf solche Pulverkugeln fallen, so sieht man sie wie Leuchtkugeln im Bogen durch die Luft fahren, weil durch Verbrennung des einen Theils, der andere eher hinausgeschleudert wird, als er sich entzünden kann. — Aus allem dem geht hervor, daß von einer sicheren Berechnung des Druckes, oder der Gasmenge aus entzündetem Pulver nicht die Rede sein kann. Nichts destoweniger sind annähernde Rechnungen der Art sehr geeignet, um die Ursache der Wirkung des Pulvers zu veranschaulichen. Nach S. 305 erzeugt das Militairpulver an beständigem Gas nach der Theorie 296, das Sprengpulver 356 Maaß. Angenommen die Verbrennung erzeuge die Temperatur von 1200° C. und die Ausdehnung gehe dabei nach den bekannten Gesetzen vor sich, so würde bei 1200° , das Militairpulver $296 (1 + 0,00365 \times 1200) = 1592$, das Sprengpulver $356 (1 + 0,00365 \times 1200) = 2075$ Maaße Gas geben; im ersten Augenblick auf 1 Maaß zusammengedrängt, werden diese einen Druck von 1592 und 2075 Atmosphären ausüben, der übrigens mit dem weichenden Widerstand rasch abnimmt. Um aus einem Marinemörser eine 12zöllige Kugel 19720 Klasten ($= 13146$ Ruthen rh.) weit zu werfen, braucht man 30 Pfd. $= 1$ C. F. ($0,5$ C. F. rh.) Pulver, welches hiernach bei der Entzündung 1592 C. F. Gas bilden würde. —

Was die Ermittlung der Kraft des Schießpulvers durch Beobachtung betrifft, so verdankt man dem Grafen v. Rumford eine Reihe von Versuchen, welche derselbe im Jahre 1800 zu München anstellen ließ. Er suchte dabei das Gewicht zu bestimmen, womit man die Mündung eines sehr massiven Laufes verschließen muß, um die Gase des abgebrannten Pulvers dadurch eben am Entweichen zu hindern. Dieses Gewicht würde alsdann gerade so groß sein, als der gegen den Querschnitt der Mündung ausgeübte Druck und folglich als Maaßstab für letzteren dienen können. Zur Vorsicht und größerer Genauigkeit wegen geschah das Abfeuern so, daß durch Einsetzen des Laufes in ein Stück glühendes Eisen das Zündloch verschlossen wurde. Nichts destoweniger stellten sich große Verschiedenheiten heraus. Das eine Mal waren 17 Gran, in einem andern Falle $11\frac{1}{4}$ Gran Pulver nöthig, um den 9431fachen Druck der Atmosphäre zu erzeugen *). Wenn bei diesen Versuchen das Gewicht gehoben wurde, so geschah es mit einem starken Knall; wenn es im Gegentheil schwer genug war, um die Gase im Lauf eingeschlossen zu halten, so entwich nach dem Lösten des Gewichtes durch einen Hebel, merkwürdiger Weise nur wenig Gas mit schwachem Geräusch; dagegen fand man die Producte der Pulververbrennung größtentheils zu einer harten, kohligen, schwerentzündlichen Masse an der inneren Wand des Laufes ver-

*) Einen Versuch, wobei der Lauf mit einer Ladung von $\frac{1}{10}$ C. F. in zwei Hälften zersprang, benutzte Rumford, um die dabei entwickelte Kraft des Pulvers zu bestimmen. Er berechnete nämlich aus der Größe der Bruchfläche und dem bekannten Gewicht, welches erforderlich ist, um Eisendraht von einem bestimmten Querschnitt zu zerreißen, daß der Druck, wodurch der Lauf gesprengt worden, 412529 Pfd. gleichkommen, oder 55000 Atmosphären betragen müsse. Nun sind aber die Umstände dabei ganz andere, als beim Zerreißen des Drahtes, insofern der Lauf erhitzt, und zwar ungleich erhitzt war und insofern das Zerreißen des Laufes schwerlich an allen Punkten zu gleicher Zeit statthatte, sondern vorzugsweise von einer Stelle ausging, so daß die Kraft an einem Hebel, mithin vorthellhafter wirkte, als bei dem Draht. Es ist also diese Berechnung wohl sehr übertrieben.

dichtet. Wie man sieht, ist auch auf diesem Wege kein sicheres Resultat zu erwarten.

Wenn nun auch die Theorie nicht zureicht, um die Kraft, oder was dasselbe ist, um die Menge des Pulvers zu bestimmen, die zu einer bestimmten Leistung erforderlich ist, so hat doch eine lange und fortgesetzte Erfahrung diese Lücke für die Praxis ausgefüllt und an die Hand gegeben, in wie weit die Menge des Pulvers nach den Umständen abgeändert werden muß. Diese Umstände sind in der Artillerie mehr gleichbleibend, wo sich eigentlich nur die Schußweite ändert; dagegen sehr verschiedenartig beim Sprengen, wo man bald mit lockerer Erde, bald mit fester Felsmasse zu thun hat, wo es sich bald darum handelt, mehr zu zerstören und die gesprengten Theile weit umherzuschleudern, wie im Krieg, oder nur eben so gefahrlos wie möglich zu beseitigen, wie zu den Zwecken des Civilbaues. Für den letzteren hat sich die Anwendung des Pulvers ungemein vermehrt, seitdem die Anlagen von Eisenbahnen u. dgl. so viele Erdarbeiten nothwendig machen, und seitdem die Anwendung der galvanischen Batterie zum Entzünden der Minen, soviel Sicherheit und Gefahrlosigkeit gewährt, und selbst das Sprengen unter Wasser gegen alles Fehlschlagen gesichert hat. Einige Beispiele mögen von der Größe solcher Unternehmungen und der Sicherheit des Erfolges Zeugniß geben.

Die von Folkestone kommende Eisenbahn geht nach mehreren Viaducten, Tunneln und Einschnitten, in den sogenannten Abbots-Felsen-Tunnel aus. Um von da an in gerader Richtung die Shakespeare-Klippe (bei Dover) zu erreichen, mußte der Vorsprung des Round-Down-Felsens, einer mächtigen Kreidemasse, welche in diese Linie hineinragt, weggeschafft werden. Der Beschluß, diesen Vorsprung, der über 2400 E. Klafter (7000 E. Ruthen rh.) oder ein Gewicht von 1 Million Tonnen umfaßte, mit einem Male durch Sprengen zu entfernen, wurde 1843 vom Ingenieur Cubitt mit gutem Erfolg ausgeführt. Zu dem Ende wurde in der Richtung der künftigen Eisenbahn ein Hauptgang von $36\frac{1}{2}$ Klafter (24,3 Ruthen rh.) Länge, und auf diesen senkrecht 3 kürzere Seitengänge angelegt. Am Ende jedes Seitenganges führt ein senkrecht abgeteufter Schacht zu den Pulverkammern, von denen jede 13,4 F. in die Länge, 6,1 F. in die Höhe und 5,5 F. in die Breite maß (10,7 F., 4,9 F. und 4,4 F. rh.). In die östliche Kammer wurden 5510 Pfd. (50 Fäſchen), in die mittlere 7714 Pfd. (70 Fäſchen) und in die westliche 6612 Pfd. (60 Fäſchen), zusammen also in die 3 Kammern 19836 Pfd. Pulver gebracht. Die Dicke der Felsmasse betrug vor der mittleren Kammer 85,4 F. vor den beiden anderen 67 F. (68,3 und 53,7 F. rh.). Hinter dem Rücken des Felsens, also an einer vollkommen sicheren Stelle, befand sich unter einem Schoppen eine mächtige galvanische Batterie, deren 1219 F. lange, übersponnenen Kupferdrähte über den Kamm des Felsens weg, immer auf dem Boden aufruhend, nach den Kammern hinab und mitten in der Pulvermasse in Enden von sehr feinem Platindrath ausgingen. Durch Schließen der Kette mußten diese Spizen zum Glühen kommen und in demselben Augenblicke die ganze ungeheure Ladung entzünden. Nachdem Alles so zu gerichtet war, trug man Sorge, die Zugänge zu den Kammern mit trockenem Sand zu verstopfen. Außer der Pulverladung wurde auf diese Weise noch eine beträchtliche Menge Luft mit eingeschlossen. Es wäre ganz und gar gegen den

Kraft des
Pulvers.

Zweck gewesen, das Gestein wirklich in die Luft zu sprengen oder die Trümmer mit Pulververschwendung umherschleudern zu machen; im Gegentheil konnte man nur die Absicht haben, dasselbe eben abzulösen und in's Meer zu versenken. Diese Absicht wurde in der That durch eine richtige Abgleichung der Pulvermasse auf's überraschendste erreicht. Nach dem Abfeuern war weder Rauch noch ein Knall vernehmbar; kein anderes Geräusch als das des Reißens einer so beträchtlichen berstenden Kreidemasse verkündete das Gelingen. Der gesprengte Theil des Felsens begann auf 500 F. in die Breite einzusinken und in Trümmern nach der 36 Klafter entfernten See hinab zu rutschen. In 4 — 5 Minuten war Alles vorüber. Was hier die Kraft des Pulvers in einem Augenblicke vollbracht hat, würde sonst eine 6 Monate lange Arbeit und 7000 L. St. gekostet haben. — Aus den Umständen der Explosion, nämlich aus dem fehlenden Rauch und Knall ersieht man, daß die Ladung genau dem zu überwindenden Widerstande angepaßt war. Die entwickelten Gasarten hatten Gewalt genug, die Felsenmasse abzulösen, ohne sich aber augenblicklich Bahn in's Freie machen zu können. Es verhielt sich also damit, wie bei dem Rumford'schen Versuch, wobei ebenso wenig Rauch oder Knall wahrgenommen wurde. In beiden Fällen hatten nämlich das Schwefelkalium und die anderen nicht permanenten Gase Zeit, sich zu verdichten und die übrigen Gase sich abzukühlen, ehe die Wände der Kammern einbrachen. Sonst, z. B. beim Schießen aus Gewehren oder Kanonen, verdichtet sich das Schwefelkalium erst in der kalten Luft und bildet den Rauch, die gewaltsam austretenden Gase aber, durch Lufterstütterung den Knall. Außerdem beginnt mit dem Austreten des heißen Schwefelkaliums und der brennbaren Gase (s. S. 304.) in die Luft eine zweite Verbrennung, wobei schwefelsaures Kali, Kohlensäure, Wasser zc. gebildet und die Flamme erzeugt wird, welche man an der Mündung der Läufe stets wahrnimmt.

Nicht minder interessant ist die Sprengung des Royal George, eines im Hafen von Spithead vor 57 Jahren, durch die halsstarrige Beschränktheit eines Lieutenants bei einer Ausbesserung, in einer Tiefe von 90 Faden versunkenen Linienschiffs, welches seitdem als Wrack diesen sonst trefflichen Ankerplatz unsicher gemacht. Nach einigen kleineren Versuchen zuerst mit 198, dann 4mal nach einander mit 49½ Pfd. Pulver, welche, obgleich mit geringem Erfolg, gelungen waren, ließ Oberst Paslay am 22sten Sept. 1839 durch die Taucher einen Cylinder mit 2552 Pfd. Pulver versenken und seitwärts des festesten Theils des Wracks befestigen. Aus dem wohlverwahrten Cylinder gingen die mit einer Mischung aus Pech und Talg überzogenen Leitungsdrähte an die Oberfläche und von da nach der galvanischen Batterie eines 500 F. entfernten Fahrzeugs. Die Verwahrung gegen das Wasser ist so sicher, daß eine so vorgerichtete Ladung, selbst nachdem sie 10 Tage unter Wasser gelegen, noch entzündet werden kann. Man vernimmt bei Explosionen unter Wasser aus den oben angeführten Gründen niemals einen Knall; noch weniger kann natürlich Rauch entstehen. So geschah es denn auch hier; 3 oder 4 Secunden nach dem Abfeuern sah man das Wasser sich in Gestalt eines Bienenkorbes auf 30 F. erheben, zu einer Garbe ausbreiten und endlich in zahlreiche, schlammgetriebte Wellenringe zusammensinken. Auf den Schiffen in der Umgebung verspürte

man einen Stoß, wie von einem Erdbeben. Das Brack war größten Theils zertrümmert. Der stehengebliebene Rest ist aber später, am 12. Mai 1840, von demselben Ingenieur beseitigt worden. Dieses Mal befestigte man den Cylinder mit 2328 Pfd. Pulver unter dem Kiel. Der Erfolg war ähnlich, doch stieg die Wassergarbe nur halb so hoch, aber die Erschütterung der See war beträchtlicher. Nachdem das Wasser in Ruhe gekommen, fand man die Oberfläche weit umher mit todtten Fischen und Trümmern bedeckt; selbst Butter und Talgkerzen aus der Proviantkammer des Bracks wurden aufgefischt.

Um sich in der Ausübung, hauptsächlich in der Artillerie, eine sichere Grundlage zu verschaffen, ist es nöthig, sich durch Versuche wenigstens empirisch Kenntniß von der Kraft des Pulvers zu verschaffen. Dadurch wird man in Stand gesetzt, die Wirkung der Feuerwaffen im Voraus zu bestimmen und verschiedene Pulverforten auf ihre Wirkung zu vergleichen. Die Werkzeuge, welche dazu gebraucht werden, heißen Pulverproben. Eine abgefeuerte Ladung setzt nämlich nicht allein die Kugel, sondern auch den Lauf, mit dem was daran hängt, in Bewegung. In der That sieht man nach jedem Schusse die Kanone einige Fuß zurückweichen, und ihre Bewegung ist nur darum so gering, weil ihre Masse (Gewicht) gegen die der Kugel so sehr groß ist. Bei den verschiedenen Pulverproben, welche im Grunde nur kleine Kanonen oder Mörser sind, benutzt man beide Bewegungen, also die der Kugel ebenso gut, als die Rückwirkung auf den Lauf, um darnach die Kraft des Pulvers zu messen.

Die Pulverproben.

Bei der in Oesterreich gebräuchlichen »Stangenprobe« mißt man die Höhe, bis auf welche ein bestimmtes, zwischen zwei Zahnstangen verschiebliches Gewicht durch das Abfeuern gehoben wird, welches auf der Mündung eines, mit einer gewissen Menge Pulver geladenen Mörsers ruht. Bei den »Probenmörsern« dagegen bestimmt man die Entfernung, bis auf welche eine Kugel von bekanntem Gewichte geworfen wird, wenn der Mörser in einem Winkel von 45° aufgestellt und mit der vorgeschriebenen Pulverladung versehen ist.

Davon verschieden ist die »Pendelprobe«, welche in doppeltem Sinne angestellt werden kann. Entweder ist der Lauf als Pendel aufgehängt, welches dann durch den rückwirkenden Stoß bewegt wird; oder man läßt die Kugel aus einem zur Seite befindlichen Laufe in einen als Pendel aufgehängten Kugelfang (Kasten mit Sand) einschlagen. In beiden Fällen hat man den Bogen zu messen, welchen das Pendel nach dem Stoß zurücklegt.

Die von dem Bürger Regnier i. J. VII. d. R. erfundene, nach ihm benannte Probe, benutzt gleichzeitig den vor- und rückwärts wirkenden Stoß. Eine kleine Messingkanone ist an einer zweischenkeligen, freihängenden Stahlfeder so befestigt, daß sie sich mit der Mündung an das Ende des einen Schenkels, mit der Traube dagegen an ein, mit dem andern Schenkel fest verbundenes, hakenförmiges Querstück von Eisen stützt. Der eine Schenkel wird also beim Abfeuern durch die rückwirkende, der andere durch die entgegengesetzte Kraft, und mithin in einer solchen Richtung bewegt, daß die Gesamtkraft der Ladung dahin thätig ist, die Schenkel gegen einander zu nähern. Der Grad dieser Annäherung, welcher als Maßstab dient, kann an einem getheilten Bogen mit Schieber abgelesen werden.

Was endlich die »hydrostatische Probe« anbelangt, so ist diese auf den

rückwirkenden Theil der Kraft allein berechnet. Sie besteht aus einem Laufe, welcher senkrecht auf einem Schwimmer befestigt ist. In Folge der Rückwirkung wird dieser bis zu einer gewissen Tiefe, die man beobachtet, in das Wasser eingetaucht.

Analyse des
Pulvers.

Nicht selten, wenn z. B. ein Pulver von guter Wirkung, aber unbekanntem Satze, nachgeahmt werden soll, ist es nothwendig, das Muster auf seine Bestandtheile zu analysiren. Auf diese Art hat K. Brandes ein bräunlich schwarzes, englisches Pulver aus destillirter Kohle, mit einem schwarzen aus gewöhnlicher Kohle von einer Pulvermühle im Bergischen verglichen und

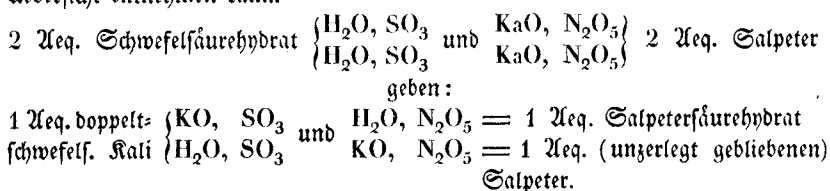
	im englischen	im bergischen
Salpeter	75,40	75,8
Schwefel	10,75	8,5
Kohle	13,00	15,0

gefunden. Bei solchen Untersuchungen sind die Methoden für die Bestimmung des Salpeters alle übereinstimmend, während sie in der Ermittlung des Schwefel- und Kohlengehaltes die größten Abweichungen zeigen. Durch Einweichen des Pulvers in 7mal soviel warmen Wassers und Auswaschen des Unlöslichen erhält man eine Flüssigkeit, welche, eingedampft und getrocknet, das Gewicht des Salpeters, außerdem einen Rückstand, der getrocknet das Gewicht von Schwefel und Kohle zusammengenommen giebt. Gay-Lussac schlägt nun vor, was die Trennung der beiden letzteren betrifft, 1 Th. trockenes Schießpulver mit 1 Th. kohlenfauren Kali und 1 Th. Salpeter gemengt zu verpuffen, nachdem — um dem Vorgange das Stürmische und die Gefahr des Verlustes durch Spritzen zu nehmen — vorher 4 Th. Kochsalz zugesetzt worden. In der klaren Auflösung des geglühten Gemenges ist aller Schwefel als Schwefelsäure (schwefelsaures Kali) enthalten und kann darin mittelst Chlorbarium gefällt und bestimmt werden. Dieser Weg ist viel umständlicher und zeitraubender als der von Berzelius angegebene, wonach der vorhin erwähnte Rückstand in einem Apparate mit zwei Glaskugeln in einem Strome von trockenem Wasserstoff erhitzt wird. Der Schwefel destillirt alsdann, ohne zu verbrennen, in die zweite Kugel ab, wo er sich verdichtet. Wenn man nun die beiden Kugeln von einander schneidet, so erfährt man durch Wägen des Inhalts jeder einzelnen, das Gewicht der Kohle und des Schwefels. Dieser Weg ist einfach, aber nicht sehr genau, denn es bildet sich immer etwas Schwefelkohlenstoff, welcher sehr flüchtig ist und mit fortgeht, dadurch entsteht ein Verlust an Schwefel und Kohle, der für den letzten Bestandtheil noch insofern vergrößert wird, als die Kohle, vorzugsweise die destillirte, viele flüchtige Theile enthält, welche ausgetrieben werden und verloren gehen. Volley hat diesen Uebelstand dadurch zu umgehen gewußt, daß er das Gemenge von Schwefel und Kohle mit einer Auflösung von 20 bis 24 Th. schwefligsaurem Natron in Wasser, kocht und auswäscht. Das Zurückgebliebene ist Kohle, welche gewogen wird; der Schwefel der sich aufgelöst hat, wird aus dem Verlust gefunden. Dieser Vorgang beruht darauf, daß die schweflige Säure (SO_2) sich mit einem andern Aeq. Schwefel zu unterschwefliger Säure (S_2O_2) verbindet, welche mit dem Natron verbunden bleibt.

Das Scheidewasser.

In einer gewissen Verdünnung heißt die Salpetersäure »Scheidewasser«, obwohl diese Benennung auch schlechtweg in den Gewerben für käufliche Salpetersäure überhaupt, gäng und gebe ist. Im engeren Sinne unterscheidet man eine Säure von 40 % Wasser (mit dem spec. Gew. 1,42 und dem Siedepunkte bei 122,50° C.) als »Doppeltscheidewasser«, während eine Säure, deren Wassergehalt $\frac{2}{3}$ beträgt, das gewöhnliche Scheidewasser ist. Es dient in dieser verschiedenen Stärke zu mannigfachen Gewerbe Zwecken, besonders zum Scheiden des Goldes, zum Ätzen der Kupferstiche etc.

Alle Salpetersäure wird aus dem salpetersauren Kali, oder auch dem salpetersauren Natron mittelst Schwefelsäure abgeschieden. Während das erstere, der gewöhnliche Salpeter, 53,4 % wasserfreie Salpetersäure enthält, so beträgt diese in dem Chilisalpeter, wegen des kleineren Natronäquivalentes 59,6 bis 63,1 %. Zudem ist der Chilisalpeter das wohlfeilere Salz. In beiden Fällen bemächtigt sich die Schwefelsäure, vermöge überwiegender Anziehung, des Alkali's und die Salpetersäure wird ausgetrieben. Man muß sich nun erinnern, daß die Schwefelsäure in zwei Verhältnissen mit dem Alkali zusammentreten kann, und in der That ist es nichts weniger als gleichgültig, ob man so viel Schwefelsäure zusetzt, daß 1 Aeq., oder soviel, daß 2 Aeq. auf 1 Aeq. Alkali kommen. In jedem Falle entsteht doppeltschwefelsaures Alkali, aber die Zersetzung des Salpeters ist bei 2 Aeq. Säure eine vollkommene, während sie bei 1 Aeq. zur Hälfte unvollständig bleibt, wie man leicht aus dem Beispiele des Kalisalpeters in der folgenden Uebersicht entnehmen kann.



Man erhält also nur die eine Hälfte der gewinnbaren Salpetersäure, welche bei 132° überdestillirt. Wird die Temperatur nachher gesteigert, so tritt eine zweite Zersetzung ein, indem nunmehr der andere Hälfte Salpeter in Folge der Einwirkung des doppeltschwefelsauren Kali's seine Salpetersäure abgeben muß. Diese kann aber der nunmehr zu hohen Temperatur nicht widerstehen und zerfällt in Sauerstoff und Untersalpetersäure, welche, von dem bereits übergegangenen Salpetersäurehydrat aufgelöst, die rauchende Salpetersäure bildet. Die Erfahrung hat gelehrt, daß bei Anwendung von Chilisalpeter und 1 Aeq. Schwefelsäure die Temperatur, wobei die zweite Hälfte der Salpetersäure ausgetrieben wird, bei weitem nicht so hoch ist, dergestalt, daß nur ein kleiner Theil davon zerfällt und statt rauchender nur eine gefärbte Salpetersäure erhalten wird, welche leicht durch Verdünnung mit Wasser und Erwärmen von aller Untersalpetersäure befreit, und in gewöhnliche Salpetersäure verwandelt werden kann. Dies ist neben der Wohlfeilheit und dem größeren Gehalte an Salpetersäure ein

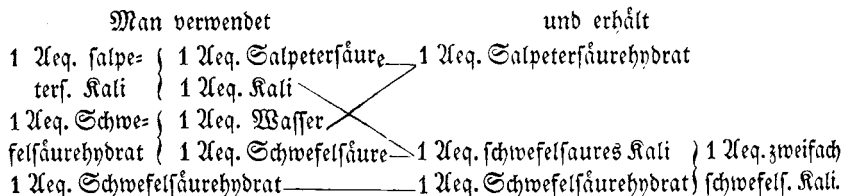
Begriff.

Theorie seiner Darstellung

Theorie seiner
Darstellung.

Dritter Vortheil, wodurch sich der Chilisalpeter vor dem gemeinen zum Scheidewasserbrennen empfiehlt.

Für gewöhnlichen Salpeter ist also die Anwendung von 2 Aeq. Schwefelsäure eine Nothwendigkeit, und die Zerlegung gestaltet sich alsdann, wie folgt:



Durch Zugrundlegung dieser Verhältnisse, welche 96 bis 97 Th. englischem Vitriolöl auf 100 Th. Salpeter entsprechen, wird mithin alle Salpetersäure gewonnen, und es müßten der Rechnung nach 100 Salpeter 62,25 Salpetersäurehydrat liefern; man erhält aber etwas mehr, weil das Vitriolöl mehr Wasser enthält, als dem Hydrat entspricht, und der Salpeter stets mit anhängender Feuchtigkeit behaftet ist, wodurch so viel Wasser übergeht, daß zuletzt zweifach gewässerte Salpetersäure auftritt. Die Verdünnung der Schwefelsäure gewährt keinen Vortheil, weil in dem englischen Vitriolöl schon so viel Wasser enthalten ist, als das doppeltchwefelsaure Kali und die Salpetersäure erfordern. Nicht so verhält es sich bei der Benützung des Chilisalpeters und zweier Aeq. Schwefelsäure, denn das doppeltchwefelsaure Natron bindet nicht 1 Aeq., wie das Kalisalz, sondern 3 Aeq. Wasser, welche es der Salpetersäure zu entziehen sucht, die dadurch zersetzt wird. Man muß alsdann Wasser zusetzen und nimmt am besten, wenn das Gemenge nicht übersteigen soll: 100 Chilisalpeter, 117 Vitriolöl und 30 Th. Wasser. Da man übrigens, wie bemerkt, die Zersetzung nicht auf die Bildung von doppeltchwefelsaurem Natron einzurichten nöthig hat, so genügt das einfache Verhältniß von 58 Vitriolöl auf 100 Chilisalpeter.

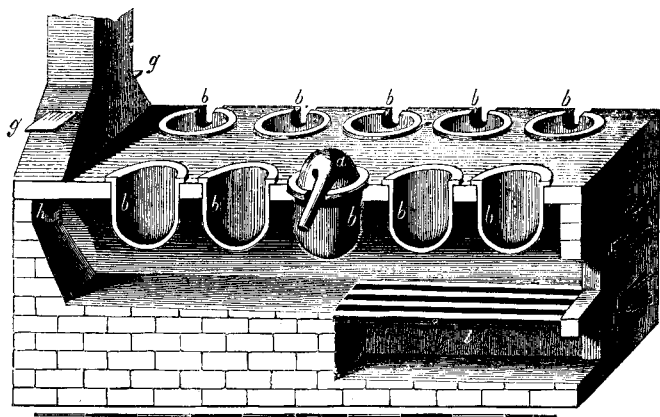
In früheren Zeiten pflegte man wegen des hohen Preises der Schwefelsäure anfangs Thon, später auch calcinirten Eisenvitriol (vergl. S. 209) anzuwenden. In dem Thone ist es die Kieselsäure, welche die Auscheidung bewirkt, weil aber nicht für die Gegenwart der nothwendigen Wassermenge gesorgt wurde, so ging ein großer Theil der Säure, welche nur als Hydrat Bestand hat, durch Zerlegung verloren, ebenso mit Eisenvitriol, wobei sich die Salpetersäure aus dem vorher gebildeten, in der Hitze zerfallenden salpetersauren Eisenoryd entwickelte.

In den Scheidewasserbrennereien benützt man entweder Retorten von Steinzeug oder Glas, oder gußeiserne Gefäße.

Die Retorten *a* sind in gußeiserne Sandcapellen *b, b, b...* eingesetzt. Die Capellen selbst sitzen reihenweise in einem sogenannten »Galerenofen«, Fig. 128. f. a. f. S. Ein solcher Ofen umfaßt zwei, durch eine dünne Zwischenwand getrennte Feuerungen mit einem gemeinschaftlichen Schornsteine, dessen Register bei *g* sichtbar sind. Ueber dem Aschenfall *l* ist der Krost *o*, von wo die Flamme durch die ganze Länge des Ofens die 5 Sandcapellen erhitzt und hinten bei *h* in die Esse geht. Die Capellen können nach Bedürfniß herausgenommen und wieder eingesetzt werden; jenachdem es die gleichförmige Erhitzung derselben nö-

Destillation
des Scheide-
wassers.

Fig. 128.

In Ovalett
eisen.

thig macht, schiebt man das Feuer mehr oder weniger zurück. Es ist eine nothwendige Vorsichtsmaßregel, beim Verschicken der Retorten den Hals von Salpeter und Schwefelsäure rein zuhalten, welche sonst in die übergehende Säure fallen würden. Zu dem Ende löst man den anhängenden Salpeter durch Klopfen ab und läßt die Schwefelsäure durch einen langen Trichter einsießen. Es würde dem Zweck am meisten entsprechen, die Vorlage durch einen Wasserstrahl kühl zu halten; weil dieses aber umständlich und zu beschwerlich ist, so sucht man die Wirkung des kalten Wassers dadurch zu ersetzen, daß man die Vorlagen möglichst groß wählt, damit sie der abkühlenden Luft wenigstens hinreichend Oberfläche bieten. Wenn die Verschickung anfängt warm zu werden, so legt man einstweilen eine leere Vorlage vor, denn im Anfange geht sehr unreine Salpetersäure mit rothen Dämpfen über. Diese rühren theils daher, daß durch Staub und organische Stoffe, welche immer vorhanden sind, etwas Salpetersäure reducirt wird, theils und am meisten aber von der Schwefelsäure her. Denn in dem Zeitpunkt, wo die ersten Antheile Salpetersäure auftreten, ist noch nicht alle Schwefelsäure mit dem Salpeter in Berührung gekommen, also noch ein gewisser Antheil frei, welcher die entwickelte Salpetersäure durch Wasserentziehung in Sauerstoff und Untersalpetersäure zerlegt. Eine andere Quelle von Verunreinigung ist der Gehalt des Salpeters an Chlorkalium und -Natrium, woraus die Schwefelsäure Chlornasserstoffsäure abscheidet. Diese wirkt auf die Salpetersäure so, daß dadurch Chlor, Stickoryd (welches mit der in der Retorte enthaltenen Luft rothe Dämpfe von Untersalpetersäure bildet) und Wasser gebildet werden. Das Salpetersäurehydrat wird übrigens schon durch das bloße Ueberdestilliren zu einem kleinen Theil unter Entwicklung rother Dämpfe zerlegt, so daß diese eigentlich niemals ganz aufhören, sondern nur bald nach dem Anfang unmerklich werden. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so vertauscht man die erste Vorlage mit dem unreinen Destillat, gegen eine neue, worin man so viel Wasser vorschlägt, als der gewünschten Verdünnung der Säure entspricht (40 % des Salpeters für eine Säure von 1,4 spec. Gew.) und die eigentliche

In eisernen
Retorten.

Arbeit beginnt. Zuerst muß man vorsichtig feuern, weil der Inhalt sich aufbläht und überzusteigen droht. Nachher fällt das breiartige Gemenge wieder zusammen und siedet ruhig bei 132° fort, während ununterbrochen Salpetersäure übergeht. Nur gegen Ende, wo die Masse sehr steif geworden ist, kann sich die Wärme nicht mehr hinreichend gleichmäßig vertheilen, so daß durch Ueberheizung der Retortenwände wieder beträchtliche rothe Dämpfe auftreten. Es ist am vortheilhaftesten, mit dieser Erscheinung die Destillation zu unterbrechen, denn man gewinnt nur noch wenig Salpetersäure, wenn man auch den Rückstand zum Schmelzen erhitzt, und kann diesen viel leichter aus den Retorten entfernen.

Die Anwendung eiserner Geräthschaften ist zuerst in Frankreich aufgekommen und ihre Form und Aufstellung gerade so, wie bei der Darstellung der Salzsäure, wenn diese nicht als Nebenproduct erhalten wird.

Die Zersetzungsgefäße sind gußeiserne Cylinder, Retorten mit beweglichen Deckeln, welche auf dieselbe Weise verschlossen werden, wie die Gasretorten (S. 138.). Je zwei Retorten liegen so über einer gemeinschaftlichen Feuerung — von denen ein Ofen Fig. 129. u. 130. mehrere enthält — daß sie von allen Seiten von der

Fig. 129.

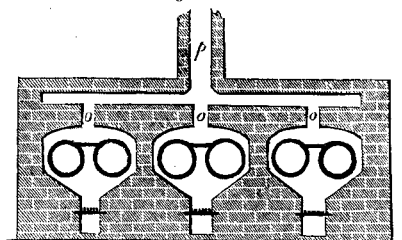
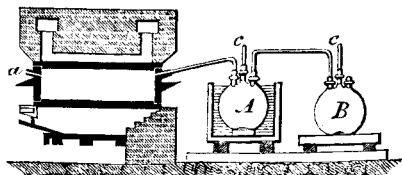


Fig. 130.



Flamme umspielt werden, welche sich an der Wölbung des Retortenraumes bricht und durch die senkrechten Füchse *o*, nach dem waagrechten Hauptkanal *p* entweicht, der zur Esse führt. Jeder Retortendeckel ist mit einer Ansaßöffnung versehen; der hintere über der Heizthüre gelegene ist für das Einfüllen der Schwefelsäure, der vordere ist für die Ableitung der Säuredämpfe durch ein Rohr mit den thalfigen Vorlagen von Steinzeug *A* u. *B* verbunden. Das Rohr muß von Glas sein, damit man die Farbe der Dämpfe unterscheiden kann, es sei denn, daß man gläserne Flaschen als Vorlagen gewählt hat. Die Cylinder fassen 170 Pfd. Salpeter; sind sie damit beschickt, so kittet man die Deckel und Röhren ein und läßt die Schwefelsäure durch die Oeffnung *a* einfließen, die sogleich zugestopft wird. Das Feuer muß langsam und gleichmäßig geleitet werden; in den vorderen Gefäßen, welche in einem Trog mit kaltem Wasser stehen, verdichtet sich das meiste; was hier nicht erkaltet wurde, verdichtet sich in *B*. Weil in Folge zu starker Verdichtung, besonders gegen Ende, der überwiegende Druck der Atmosphäre beschwerlich werden könnte, und um der anfänglich entweichenden atmosphärischen Luft einen Ausweg zu lassen, sind die Sicherheitsröhren *c*, *c* angebracht. —

Mit einem solchen Apparat kann man viel Säure in kurzer Zeit gewinnen, sie ist aber unreiner und viel mehr von den rothen Dämpfen begleitet, weil das Gußeisen, vorzüglich an den weniger heißen Stellen, durch die Salpetersäure et-

was angegriffen wird. Dies verursacht zu gleicher Zeit einen Verlust an Säure und ein baldiges Unbrauchbarwerden der Retorten.

Die künftliche Salpetersäure ist niemals rein. Wenn zuviel Vitriolöl angewendet, oder nicht reinlich genug verfahren wurde, so enthält sie Schwefelsäure, welche durch salpetersauren Baryt ausgefällt werden kann. Eben daher stammen die Kaliz-, Natron- und Eisenoxydsalze, die auch durch Ueberspritzen in die Vorlage gelangen können. Ferner findet man Untersalpetersäure und Chlor in der gewöhnlichen Salpetersäure. Die erstere giebt sich besonders durch die braune Farbe bei Zusatz von Eisenoxydsalzen, und die grüne von einfach Cyaneisenkalium zu erkennen; sie ist meist die Ursache der gelbbraunen Farbe mancher Salpetersäuren, ohne in den ungefärbten Sorten ganz zu fehlen. Das Chlor wird durch eine Lösung von salpeters. Silberoxyd angezeigt. Beide, Chlor und Untersalpetersäure können größtentheils durch Abdestilliren einer kleinen Portion Säure beseitigt werden, weil sie flüchtiger sind und zuerst übergehen. Vollständig kann das Chlor nur durch Silberlösung und die Untersalpetersäure dadurch entfernt werden, daß man starke Salpetersäure eine Zeitlang in einem Strome von Kohlenensäure kochen läßt, oder nach Pelouze mit Bleihyperoxyd digerirt, da concentrirte Säure kein Bleioxyd auflöst. Schwächere Säure digerirt Millon mit $\frac{1}{100}$ zweifach chromsaurem Kali zu demselben Zweck. — Nach Lember's Beobachtung geht der Jodgehalt des Chilisalpeters (S. 274), wenn dieses Salz zur Darstellung benutzt wird, in die Säure über und kann darin nachgewiesen werden. —

Die Seifensiederei.

Im gewöhnlichen Leben versteht man unter „Seife“ das Erzeugniß, welches aus der Einwirkung des Kali's und Natrons auf die Fette hervorgeht, ein Erzeugniß, worin diese Alkalien mit gewissen Bestandtheilen der letzteren verbunden sind. Der wissenschaftliche Sprachgebrauch hat übrigens diesen Begriff auf alle entsprechende Verbindungen mit den basischen Metalloxyden überhaupt ausgedehnt, so daß man in der Chemie von Baryt-, Bittererde-, Eisen-, Kupfer- u. Seife spricht. Neben den Seifen im engeren Sinn, denen der Alkalien also, sind von allen diesen in dem Gewerbwesen nur die Kalkseife in der Stearinfabrikation S. 95. und die Bleiseife für die Heilkunde, wo sie „Pflaster“ genannt wird, von Interesse.

Die Kenntniß der Seife ist fast so alt, wie die Geschichte; daß übrigens im alten Testament von Seife die Rede sei, ist ein Irrthum, wohl durch Luther's Uebersetzung veranlaßt, denn wenn es daselbst Jeremias 2. 22 heißt: „denn wenn du dich gleich mit Lauge wuschest und nimmst viel Seife dazu“ und Meleachi 3, 2. „denn er ist — — wie die Seife der Wäscher“ so steht im hebräischen Text immer nur borith (vegetabilisches Laugenalz, Potasche) und nether (mineralisches Laugenalz, Soda), womit in keinem Falle Seife gemeint ist. Mit Bestimmtheit und namentlich führt dagegen Plinius die Seife an, die er für eine gallische Erfindung erklärt und von der er bemerkt, daß sie am besten in Deutschland angefertigt werde. Er unterscheidet bereits harte und

Geschicht-
liches.

weiche Seife und kennt ihre Vereitung aus Büchenasche und Ziegentalg. Ebenso bestimmt redet Galen von der Seife, auch Paulus Aegineta und Aëtius. — Homer beschreibt in seiner Odyssee genau und umständlich, was Naufikaa zum Waschen an den Fluß mitgenommen, ohne die Seife zu erwähnen, welche ihm also wohl unbekannt war. —

Rohstoffe
der Seifensieder.

Die Fette, von denen die Seifensieder Gebrauch machen, sind theils flüssige, öllartige, wie das Oliven-, Hanf-, Rüb-, Leinöl, der Thran, sowie in seltenen Fällen das Mohn-, Buchel-, Nuß- und Mandelöl; theils feste, wie der Talg, das Cocosnuß- und Palmöl, so wie bisweilen das Schweineschmalz, Eliepd und die Galambutter.

Der Talg.

Vom Talg ist schon früher bei den Leuchtmaterialien S. 92. ausführlich die Rede gewesen. Zum Seifensieden wird am besten ausgelassener, doch kann auch roher Talg gebraucht werden, dagegen ist die Läuterung nicht nothwendig. Wo man, wie fast überall, das Seifensieden und Lichterziehen gemeinschaftlich betreibt, ist es zweckmäßig, die festeren Sorten für die Lichter zurückzuhalten und die weichen zu versieden. Für die nördlichen Länder ist der Talg das vornehmste Fett für die Seifensieder.

Das Schmalz.

Das Schweineschmalz giebt eine zu weiche Seife, welche im Wasser sehr schnell zergeht. Theils darum, theils wegen des meist zu hohen Preises und weil es als Nahrungsmittel sehr geeignet und gesucht ist, wird es nur selten benutzt, aber stets vorher ausgelassen.

Das Hanföl.

Das Hanföl wird, vorzüglich in Rußland, aus dem Saamen von Cannabis sativa gewonnen. Es ist grünlichgelb von Farbe, scharf von Geruch, aber ziemlich mild von Geschmack. Bei — 27° wird es fest. Von Alkohol wird es vollständig aufgelöst, ebenso wie das

Das Leinöl.

Leinöl aus dem Saamen von Linum usitatissimum, welches ebenfalls vorwiegend Erzeugniß des Nordens ist. Frisch ist die Farbe des Leinöls goldgelb, während dieselbe nach längerem Lagern in's Braune übergeht; sein Geruch ist ein von den übrigen Oelen verschiedener, ganz eigenthümlicher. Es erstarrt bei — 16 bis — 20° C. —

Aus einer Untersuchung von Sacc geht hervor, daß es ein Gemenge von ölsäurem und margarinsäurem Glycerin ist, worin die Stearinsäure fehlt.

Es kommt zuweilen mit Kolophonium verfälscht vor. Wenn ein solches Del mit Weingeist behandelt wird, so löst dieser vorzugsweise das Harz auf und giebt alsdann mit essigsäurem Blei versetzt, einen massigen weißen Niederschlag.

Der Thran.

Der Fischthran ist schon früher S. 90. u. 91. abgehandelt worden.

Das Olivenöl.

Das Olivenöl, welches für die Seifenherzeugung in sehr großer Masse verwendet wird, ist für die südlichen Gegenden das, was der Talg für die nördlichen. Wie es aus den reifen Früchten ausgezogen wird, ist bereits S. 88. beschrieben worden.

Bei den sehr großen Geschäften, welche jährlich in den süd-europäischen Gegenden und auch anderwärts in Olivenöl gemacht werden, ist die Kenntniß und Ausmittelung von Verfälschungen eine sehr wichtige Sache. Der hohe Preis dieses Oels ist nun sehr häufig Veranlassung, daß man demselben von den wohlfeileren Saamenoelen Zusätze macht, wozu man denn meistens seiner Wohl-

feilheit, des milden Geschmacks und unmerklichen Geruchs wegen, dem Mohnöl den Vorzug giebt. Man hat nach einander verschiedene Mittel und Wege angegeben, diese Beimengung ihrer Natur und Menge nach auszumitteln, von denen eigentlich nur einer hinreichende Bestimmtheit gewährt. Indessen werden auch die anderen in der Praxis nicht selten benutzt, so daß sie wenigstens berührt zu werden verdienen. Poutet, Apotheker in Marseille, hat zuerst ein Verfahren angegeben, welches viel Eingang gefunden hat und auf den Umstand gegründet ist, daß reines Baumöl mit $\frac{1}{12}$ von einer Auflösung aus 6 Theilen Quecksilber und $7\frac{1}{2}$ Theil starker Salpetersäure geschüttelt, in einen weißen festen Körper verwandelt wird. Diese Umwandlung beruht auf der Gegenwart der salpeterigen Säure und kann auch durch diese Säure allein ohne Gegenwart des Quecksilbers hervorgebracht werden. Die salpeterige Säure verwandelt nämlich die mit dem Glycerin verbundene Oelsäure in Elaidinsäure, ($C_{72}H_{132}O_6 + 2aq.$), welche mit dem Glycerin zu Elaidin verbunden bleibt. Der Maassstab, wornach man die Verunreinigung eines Baumöls nach Poutet beurtheilen soll, ist der Grad der Erhärtung, welchen die Probe nach einiger Zeit annimmt. Während reines Del fest und klingend wird, so erreicht solches mit $\frac{1}{20}$ Mohnöl verfest nur die Talgconsistenz, während es mit $\frac{1}{10}$ Mohnöl kaum etwas fester als Schmalz wird. Diese Erscheinungen sind aber so unbestimmt und so in einander verlaufend, daß die Consistenz keinen bestimmten Schluß zuläßt, wenn nicht die Menge des Mohnöls wenigstens $\frac{1}{10}$ beträgt. Soudey erkannte zuerst, daß die beschriebene Erstarrung nur von salpetriger Säure herrührt, und hat, davon ausgehend, den Rath gegeben, statt des Quecksilbermittels eine Mischung von 3 Theilen Salpetersäure mit 1 Theil Untersalpetersäure anzuwenden und anstatt der Consistenz, vielmehr die Zeit als Maassstab zu nehmen, welche die Probe nöthig hat, um (bei 10^0 C.) aus dem umgekehrten Gefäße nicht mehr auszufließen. Er fand, daß das Festwerden des reinen Baumöls, welches sonst nach 55 bis 60 Minuten erfolgt, durch Zusatz von $\frac{1}{100}$ Mohnöl um 40 Minuten, von $\frac{1}{20}$ um 90 Minuten und von $\frac{1}{10}$ noch um weit mehr verzögert wird. Soubeiran und Blondeau, welche diese Prüfungsweise untersucht haben, fanden, daß die zum Erstarren des reinen Dels erforderliche Zeit, zwischen 43 und 59 Minuten, für die $\frac{1}{20}$ Mohnöl enthaltenden zwischen 45 und 59 Minuten, und die zum Festwerden eines Gemisches mit $\frac{1}{10}$ Mohnöl zwischen 48 und 97 Minuten wechselte. Diese Zeitverhältnisse ragen so in einander hinein, daß manche reine Oele mehr Zeit zum Festwerden brauchen, als andere, die mit Mohnöl vermischt sind, eine Unbestimmtheit, welche selbst bei gewissenhafter Gleichheit des Verfahrens bei zwei Proben, dennoch den auf ihre bezügliche Reinheit daraus gezogenen Schluß unsicher macht. Einigermassen scharfe Resultate sind also von diesem Mittel nicht zu erwarten, welches überdies nur auf den betrügerischen Zusatz von Mohnöl berechnet ist. Eine andere Verfälschung kommt übrigens nicht so leicht vor, weil die übrigen Oele, manche des Geruchs und Geschmacks, manche des Preises wegen, nicht gebraucht werden können. Man darf bei diesen Proben nicht übersehen, daß es durchaus nöthig ist, bei der Vergleichung zweier Oele stets gleiche Mengen Säure zu nehmen, denn die Erstarrungszeiten eines und desselben Olivenöls ändern sich na-

türlich beträchtlich mit der Menge des Prüfungsmittels. So wird ein Gemenge von 1 Theile Untersalpetersäure mit:

33	Theilen Olivenöl	fest in	70	Minuten
50	"	"	78	"
75	"	"	84	"
100	"	"	130	"
200	"	"	435	"
400	"	"	gar nicht mehr.	

Ein anderes Prüfungsmittel des Oels glaubte Fauré in dem Ammoniak gefunden zu haben, welches zu $\frac{1}{10}$ mit reinem Olivenöl geschüttelt, eine Art milchweißen, sehr gleichförmigen, dicken Seifenleim (die flüchtige Salbe der Apotheken), mit Mohnöl aber, eine körnige Masse bildet. Ähnliche Unterschiede zeigen die Verbindungen des Ammoniaks bei den reinen und gemischten Oelen; sie sind aber noch bei weitem unbestimmter als die bei dem Boudet'schen Verfahren.

Ganz anders ist die Untersuchung des Oels mit dem von Rousseau vorgeschlagenen sogenannten Diagonometer. Die Probe damit gründet sich auf den Unterschied des galvanischen Leitungsvermögens, welches bei dem Olivenöle ungleich geringer ist, als bei dem Mohnöle. Das erste ist ein sehr schwacher Leiter, ohne aber ein vollkommener Nichtleiter zu sein. Die Einrichtung jenes Instrumentes, des Diagonometers, ist eine solche, daß man daran die Leitungsfähigkeit der Proben, also auch ihre Reinheit, an den Abweichungen einer Magnetnadel ablesen kann, welcher der Strom einer elektrischen Säule durch Vermittelung des Probedöls zugeführt wird. Schon eine gewisse Schwierigkeit, damit zu beobachten, noch mehr aber der Umstand, daß das Leitungsvermögen verschiedener Sorten Olivenöl sehr ungleich und bei einigen sogar größer ist, als bei anderen, wenn sie mit Mohnöl vermischt werden, benehmen dieser Art von Proben ihren praktischen Werth.

So ziemlich im Gegensatz dazu steht die seit Langem und wohl bekannte Probe des Schüttelns, welche sich auf die ungleiche Klebrigkeit oder Dickflüssigkeit des Oliven- und Mohnöls gründet. Wenn man nämlich durch heftiges Schütteln Luftblasen unter das Oel bringt, so sieht man, daß die etwas großen Blasen, an der Oberfläche des Baumöls angelangt, verschwinden. Man kann also aus der Dauer dieser Blasen einen Schluß auf den Mohnölgehalt machen und hat darin ein Mittel, welches nicht ohne reellen Werth ist. Wenigstens haben Soubeiran und Blondeau, welche dasselbe an 27 Mustern Baumöl prüften, welche theils rein, theils mit $\frac{1}{10}$, theils mit $\frac{1}{20}$ Mohnöl gegen einander verglichen wurden, gefunden, daß man $\frac{1}{10}$ ziemlich sicher, aber $\frac{1}{20}$ nicht mehr damit erkennen kann. — Vielleicht ließe sich die Ausmittlung solcher Beimengungen am sichersten auf das Verhalten gegen die verschiedenen Lösungsmittel begründen. —

Das Palmöl ist ein Pflanzenfett, welches aus der Frucht einer Palmenart, Avoira Elais od. Elais guianensis, nach Anderen dagegen von Cocos butyracea, ausgeschmolzen wird. Vielleicht daß beide Gewächse ähnliche Pflanzenfette hervor-

bringen. Das Palmöl ist ein Bodenerzeugniß der afrikanischen Tropen, welches von der Westküste dieses Landes nach Europa gebracht wird und gegenwärtig durch seine umfassende Anwendung in der Seifensiederei einen sehr wichtigen Handelsartikel ausmacht. Wenn auch von früheren Zeiten her bekannt, so war es doch mehr unter die merkwürdigen Seltenheiten, als unter die gewerblich wichtigen Stoffe zu rechnen, eine Rolle, die ihm vermöge einer bemerkenswerthen Verknüpfung der Umstände, erst durch das ruhmwürdigste Ereigniß der neuesten brittischen Geschichte — die Unterdrückung des Sklavenhandels, angewiesen wurde. Seitdem nämlich dieser Handel durch die Anstrengungen der Engländer wenn auch nicht aufgehoben, doch bis auf wenige gewagte Unternehmungen eingeschränkt worden, sind die Eingeborenen jener Küstenstriche gezwungen, ihre außerafrikanischen Bedürfnisse, anstatt wie ehemals mit Menschen, nunmehr mit einem nützlichen Landeserzeugnisse, mit Palmöl, zu bezahlen. So lagen sonst an der Bony-Mündung (einem Nigerarme) gegen 20 Sklavenschiffe, welche durch die strenge Blockade der Engländer verschwunden sind, um einer Ausfuhr von Palmöl Platz zu machen, die von diesem einzigen Punkte aus im Jahre 20000 Tonnen betrug. Der größte Verbrauch ist in England, nämlich 200mal so groß als in Frankreich, wo das Palmöl nur $\frac{1}{2}$ pCt. der verseiften Fette ausmacht.

Die Palmfrüchte sind von der Größe und Gestalt eines Taubeneies und enthalten einen festen Kern unter einer Fleischhülle. Das Palmöl wird aus dieser letzteren, nicht aus dem Kerne gewonnen. Zu dem Ende wird das abgeschälte Fleisch mit Wasser ausgekocht, wo sich dann das Del in geschmolzenem Zustande an der Oberfläche ansammelt und leicht abgenommen werden kann. Nach dem Erkalten bildet es ein rothgelbes Fett von der Consistenz der Winterbutter, welches bei 29° schmilzt. Da das Wort Del zur Bezeichnung der flüssigen Fette gebraucht wird, so ist die Benennung Palmöl eine unpassende, Palmbutter würde richtiger sein. Sein Geruch ist stark, aber angenehm aromatisch und erinnert auffallend an den der Weidenwurzel. — So wie es in dem Handel vorkommt, befindet sich das Palmöl stets in demjenigen Zustande, worin man die gewöhnlichen Fette ranzig nennt, d. h. es enthält alsdann freie fette Säuren, anstatt daß diese durchweg an Glyceroloryd gebunden sind. Die Menge dieser freien Säuren wächst mit dem Alter, wobei gleichzeitig der Schmelzpunkt steigt. Pelouze und Boudet fanden in frischem Palmöl $\frac{1}{3}$; in solchem, welches bei 31° schmolz, die Hälfte; in einem andern, welches bei 36° schmolz, $\frac{2}{3}$ seines Gewichtes. Bei ganz altem Palmöl fand Stenhouse den Schmelzpunkt bei 37° . Aus den Untersuchungen Fremy's und der genannten Chemiker ergab sich, daß dieses Pflanzenfett freie Oelsäure, eine eigenthümliche fette Säure, die Palmitinsäure ($C_{32}H_{62}O_3 + aq.$ *), ebenfalls in freiem Zustande, freies Glycerolorydhydrat, und einige wenige Procente Palmitin (palmitinsaures Glyceroloryd = $C_{32}H_{62}O_3 + C_3H_4O$ **) enthält. Das letztere kann durch Pressen des

*) Dieselbe Säure, welche in dem japanischen Wachs aufgefunden wurde (S. 101).

**) Die Untersuchungen von Redtenbacher über das Afrolin (= $C_6H_6O_2$) haben darauf geführt, das Glycerolorydhydrat, welches mit jenem in engem Zusammenhange steht, zu betrachten, als $2 C_3H_4O + 4 H_2O$, anstatt $C_6H_{14}O_3 + H_{20}$ wie gewöhnlich.

Palmöls bei 100° bis 120°, und ein zweites Mal bei ungefähr 240°, im Großen als eine wachsartige, weiße Masse erhalten werden, woraus man eine Art Stearinkerzen gießt, während das abgeflossene, gelbe Del zu Seife verarbeitet wird. Meistens findet jedoch diese Trennung vor der Verseifung nicht Statt. Es ist bis jetzt nicht geglückt, die Ursache der fortschreitenden und raschen Zersetzung (des Ranzigwerdens) des Palmöls aufzufinden, eine Zersetzung, welche bei diesem Fette unverhältnißmäßig viel leichter und rascher statthat, als bei den gewöhnlichen Oelen. Merkwürdiger Weise nimmt die Menge des, durch dieses Ranzigwerden abgeschlossenen Glyceriorydhydrats bei ganz altem Palmöle wieder ab.

Bleichen des
Palmöls.

Der gelbrothe Farbstoff des Palmöls wird während der Verseifung nicht zerstört, so daß die aus rohem Palmöle gesottene Seife eine gelbe Farbe zeigt. Nimmt man aber bleichende Mittel zu Hülfe, so erhält man ein wenig gefärbtes Del und daraus weiße Seife. Es ist mithin das Bleichen des Palmöls für den Seifensieder von Wichtigkeit und kann auf sehr verschiedenen Wegen, aber auch mit sehr verschiedenem Erfolge bewerkstelligt werden. Bis jetzt hat man den Farbstoff durch die Einwirkung von Chlor, Sauerstoff, starken Säuren, und endlich durch Wärme und Licht allein versucht.

Nach Davidson soll man das Palmöl in einem mit Blei gefütterten eisernen Kessel schmelzen und alsdann demselben 6 bis 11 % Bleichkalk zusetzen, den man vorher mit 12 Theilen Wasser zerrührt hat. Wenn das Gemenge gehörig durchgearbeitet und kalt geworden ist, so zerschneidet man die Masse in kleine Stücke, welche 2 bis 3 Wochen der Luft ausgesetzt bleiben. Während dessen bewirkt das, aus dem Bleichkalk durch die Kohlensäure der Luft ausgeschiedene Chlorgas eine langsame Bleichung. Nach Ablauf der angegebenen Zeit scheidet man den Kalk von dem gebleichten Oele ab, indem man dasselbe über verdünnter Schwefelsäure schmilzt, bis sich der entstandene schwefelsaure Kalk unten abgesetzt hat und das klare Del obenauf schwimmt. Die Schwefelsäure entwickelt den Rest des Chlors und vollendet die Entfärbung. — Diese kann ebenso bewirkt werden, wenn man in dem geschmolzenen Oele das Chlor mittelst Braunstein, Kochsalz und Schwefelsäure entbindet. — Gegen die Anwendung des Chlors läßt sich nur einwenden, daß dadurch das Palmöl in der Wärme selbst angegriffen wird, insofern dieses Gas die Palmitinsäure mit Leichtigkeit zerlegt und dabei zum Theil an und die Stelle ihres Wasserstoffs tritt. Jeder Ueberschuß von Chlor, den man nie vermeiden kann, muß mithin der Güte des Fettes schaden.

Wird das Palmöl über verdünnter Salpetersäure oder über einer schwachen Salpeterlösung geschmolzen, welcher man allmählig Schwefelsäure zusetzt, so geht eine sehr rasche, aber unhaltbare Entfärbung des Palmöls vor sich. Denn beim Zusammenbringen mit Lauge in dem Siedekessel kommt die Farbe wieder zum Vorschein.

Gerade so, wie der Schleim beim Läutern des Rübböls, läßt sich auch der Farbstoff des Palmöls durch Schwefelsäure zerstören, welche zu 4 % mit dem geschmolzenen Oele verarbeitet werden muß.

Die Anwendung von Schwefelsäure und Braunstein zum Bleichen, also entwickeltem Sauerstoff, rührt von Michaëlis her. Er mischt geschmolzenes Palmöl mit $\frac{1}{16}$ feingeriebenem Braunsteine, setzt dem Gemenge die Hälfte des

Gewichts kochendes Wasser zu und läßt mit Vorsicht $\frac{1}{32}$ vom Gewichte des Oels an concentrirter Schwefelsäure zulaufen und unter stetem Umrühren erkalten. Das erstarrte Fett ist grünlich, wird aber nach einiger Zeit an Luft und Licht weiß. Bleichen des Palmöls.

Zier hat zuerst die Beobachtung gemacht, daß Palmöl, wenn es langsam über eine erhitzte Eisenplatte fließt, unter Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft und Ausstoßen eines sauer riechenden Dampfes, zu einem klaren, farblosen Fette wird. In England geschieht die Anwendung dieser Beobachtung sehr im Großen. Anfangs erhitzte man das rohe Palmöl, 40 bis 60 Etr. auf einmal, in gußeisernen Kesseln bis auf die hohe Temperatur von 232° C. Ehe aber die Masse diesen Wärmegrad empfangen, erreichte der Kesselboden oft eine Temperatur von mehr als 300°, so daß ein unerträglicher Geruch der weggehenden Dämpfe, Schwärzung und Verkohlung des Oels, sogar Explosion die häufige Folge waren. Nachdem man aber erkannt hatte, daß die Zerstörung des Farbestoffs schon bei 110° C. beginnt, hat man angefangen, die Entfärbung nur bei dieser Temperatur, obgleich mit größerem Zeitaufwande, durchzuführen. Wenn das geschmolzene Oel über dem freien Feuer 110° heiß geworden ist, so erhält man diese Hitze durch einen eingeleiteten Strom von Hochdruckdampf (15 Pfd. Druck auf den D. 3.) während der ganzen Operation und befördert die Zersetzung durch stetes Umrühren. Zur Entfärbung von 4 Tonnen Palmöl sind 10 Stunden nothwendig.

Weit zweckmäßiger noch, und überhaupt das zweckmäßigste, ist das Verfahren, mit der Einwirkung der Hitze diejenige der Luft und des Lichtes zu verbinden. Zu diesem Endzwecke sind mehrere viereckige, sehr große, aber flache Kästen oder Behälter nöthig, welche von bloßem Holze, oder noch besser mit Blei gefüttert sein können. Sie sind 12 Zoll tief und über dem Boden mit einer schlangenförmigen Bleirohre versehen, die mit einem Dampfkessel in Verbindung steht. In diese Behälter, welche unbedeckt im Freien stehen, oder doch nach Belieben dem freien Zutritte von Licht und Luft müssen eröffnet werden können, bringt man, nachdem sie 8 Zoll hoch mit Wasser gefüllt sind, so viel Palmöl, daß dieses, nach dem Eintritte des Dampfes geschmolzen, eine höchstens 2 Zoll hohe Schicht bildet. Der Dampfstrom muß so geleitet werden, daß die Temperatur möglichst gleichmäßig auf 100° bleibt. Nach 10 bis 15 Stunden ist die Entfärbung vollendet, ein Zeitraum, dessen Länge sehr von dem Einflusse des Sonnenscheins abhängt. — Payen fand, daß die Entfärbung in den Behältern selbst dann noch ungestört fortgeht, wenn die Behälter mit Glas und Rahmen, aber so bedeckt werden, daß der freie Luftzug fortdauert. Es ist wahrscheinlich, daß das Palmöl mit großem Vortheile, vor seiner Versendung, unter der afrikanischen Sonne gebleicht werden könnte. — Selbst nach der gelungensten Bleiche behält das Oel eine schwach gelbliche Färbung, welche nach dem Erstarren als ein schmutziges Weiß hervortritt, aber in der Seife nicht mehr bemerklich ist. —

Die vollkommenste, rascheste, aber auch kostspieligste Entfärbung ist von Watt angegeben worden, der sich des doppeltchromsauren Kalis und starker Mineralsäuren bedient. Das Watt'sche Verfahren beruht sonach auf einer Drydation des Farbestoffs durch Chromsäure. Es beginnt damit, daß man das rohe Palmöl vorerst durch Schmelzen und ruhiges Stehen von den

Bleichen des Palmöls. Unreinigkeiten trennt, die sich absetzen. Das klar abgelassene Del wird hierauf in hölzernen Gefäßen mit einer concentrirten Lösung von 25 Pfd. doppeltchromsaurem Kali, 8 Pfd. Bitriolöl und ungefähr 50 Pfd. starker Salzsäure auf die Tonne (20 Etr.) vermengt und wohl umgerührt. Anstatt der Salzsäure kann man mit gleichem Vortheile Kochsalz nehmen und den Zusatz von Schwefelsäure entsprechend vermehren. Schon nach einigen Minuten, wenn man das Ganze gehörig durchgearbeitet hat, giebt sich der Vorgang durch die blaßgrüne Farbe des Dels und das Erscheinen eines dicken Schaumes an der Oberfläche als beendigt zu erkennen. Aus der Farbe erkalteter Proben läßt sich ersehen, ob hinreichend Bleichmittel zugelegt war oder nicht. Der chemische Verlauf dieser Art zu bleichen ist leicht zu übersehen. Die Schwefelsäure bemächtigt sich nämlich des Kali's und setzt die Chromsäure in Freiheit, welche die Hälfte ihres Sauerstoffs zur Zerstörung des Farbestoffs hergiebt und sich in Chromoxyd verwandelt. Die Salzsäure dient dazu, um mit diesem grünen Dryd eine lösliche Verbindung, das Chromchlorid, zu bilden. — Das gebleichte Del muß noch von der wässerigen Lösung des Chromchlorids rc. (— und des schwefelsauren Natrons, wenn Kochsalz angewendet wurde —) getrennt werden. Sie scheidet sich als die schwerere Flüssigkeit von dem Oele, welches oben auf schwimmt, wenn das Gemenge $\frac{1}{2}$ Stunde lang ruhig in der Wärme stehen bleibt. Das abgeschöpfte Fett endlich wird in einem zweiten Gefäße mit Wasser ausgewaschen, welches man durch einen Dampfstrom zum Sieden erhitzt. Zum Bleichen der obigen Menge, also 20 Etr., sind nicht mehr als 5 Minuten nöthig.

Es würde überflüssig sein, das Palmöl auf eine so kostspielige Weise zu bleichen, wenn es als Zusatz zu der ohnehin gelben Harzseife benutzt wird. Nur für ganz weiße Seife möchte das Verfahren lohnend sein.

Illipeöl.

Das Illipeöl (Illipay- auch Ellipeöl) ist in Ursprung und Beschaffenheit dem Palmöle sehr ähnlich, aber ungleich seltener im Handel und weniger bekannt. Es soll durch Auspressen der Saamen eines Baumes von der Küste Koromandel und Bengalen gewonnen werden, den die Eingeborenen Mahwah oder Mawny nennen, die Botaniker Roxburgh und Hamilton aber für die *Bassia latifolia*, eine Species aus der Familie der Sapoteen halten. Die Saamen haben die Gestalt einer in die Länge gezogenen Olive. Ein einziger Mahwahbaum, obgleich sein Standort die dürrsten Berggegenden sind, soll beinahe 2 Tonnen Saamen und daraus ungefähr 60 Pfd. Del im Jahre geben. Nach Henry soll das Del nicht durch Pressen, sondern durch Auskochen erhalten werden. Es ist hell grünlichgelb, von aromatischem Geruche, der zugleich an das Olivenöl und die Cacao-butter erinnert und bei gewöhnlicher Temperatur, bis zu 22° bis 23° C. (seinem Erstarrungspunkt) fest. Bei 28° C. bildet es eine citrongelbe Flüssigkeit, woraus sich rothbraune, gerbstoffartige Flocken absetzen. In Alkohol ist es wenig löslich. Sein Geschmack ist anfangs mild, gewinnt aber durch das Ranzigwerden, dem es sehr unterworfen ist, mehr und mehr an Schärfe. Pelouze und Boudet fanden dieses Fett aus Olein mit Stearin verbunden bestehend.

Galamutter.

Die Galambutter, ebenfalls von einer *Bassia*-Art, aber aus dem Innern von Afrika stammend, ist dem Palmöle so ähnlich, daß sie häufig damit verwechselt wird. Sie ist fester und talgartiger als das Illipeöl, von schwachem

Geruche und Geschmacks und schmutzig gelber Farbe. Geschmolzen bildet sie ein unklar bleibendes Del. In Folge ihrer ranzigen Beschaffenheit enthält die Gälambutter freie Säure und freies Glycerolryd.

Wichtiger als die beiden eben beschriebenen Pflanzenfette ist das sogenannte Cocosnußöl oder Cocosöl, ein weißes, so wie es eingeführt wird, ranziges Fett von der Consistenz des Schweineschmalzes, aber blätteriger Beschaffenheit und unangenehmem Geruche, welches, den vorhandenen Nachrichten zufolge, aus den Kernen der Cocospalme (*Cocos nucifera* und *butyracea*) gepreßt, oder gekocht wird. Die Heimath dieser Palme sind die beiden indischen Halbinseln, nämlich in Vorderindien besonders die Küste von Malabar und Bengalen, sowie Ceylon und die Malediven, in Hinterindien Siam; auch ist Brasilien hierherzuzählen. Man hat angefangen, die Kerne der Cocospalme, welche im Handel Copperah heißen, nach Europa zu bringen und daselbst warm auszupressen, nachdem sie feingeschnitten oder gemahlen sind. Lindall erhielt bei der Bearbeitung von 420 Pfd. Copperah, in Portionen von 7 Pfd., in Presssäcken aus Bastmatten vertheilt, verschiedene Sorten Del von immer höherem Schmelzpunkte, nachdem er 5mal die Temperatur der zu pressenden Masse erhöht hatte, nämlich:

1. Portion zu $85\frac{3}{4}$ Pfd., gepreßt bei 14° bis 15° C.
2. „ „ $13\frac{3}{8}$ „ „ „ 18° „ 19° C.
3. „ „ $21\frac{1}{4}$ „ „ „ 24°
4. „ „ $26\frac{3}{4}$ „ „ „ 29° „ 30° C.
5. „ „ $91\frac{1}{4}$ „ „ „ 40° „ 41° C.

zusammen $238\frac{3}{8}$ Pfd.

Die zurückgebliebenen Presskuchen wogen 155 Pfd.; der Rest von $26\frac{1}{4}$ Pfd. ist größtentheils Del, welches an der Presse hinab in einen besonderen Behälter floß. Es geht daraus hervor, daß die Kerne 60 pCt. oder etwas mehr, wahrscheinlich von zwei Fetten enthalten, einem flüssigen und einem festen, welche, in dem Saamen getrennt vorhanden, sich beim Pressen aber um so mehr vermischen, je höher die Temperatur ist, so daß man nach Willkür zuerst flüssige, dann feste, oder auch welche von mittlerer Consistenz auspressen kann. In der That war bei dem obigen Versuche der erste und zweite Antheil ganz flüssig und durchsichtig; der dritte halbflüssig, milchig; der vierte fest und schmutzig weiß; der fünfte aber rein weiß und sehr fest. — Das Cocosöl, welches in Bengalen zubereitet wird, soll vorzüglicher sein als das von Ceylon. Der Schmelzpunkt des käuflichen Oeles ist ungefähr bei 20° C., bei welcher Temperatur es wahrscheinlich gepreßt worden. In dem festen Fette desselben glaubten Pelouze und Boudet die Elaidinsäure *) zu erkennen, bis Brandes und hauptsächlich Bromeis nachwiesen, daß es eine Verbindung einer besonderen Fettsäure, der Cocosölgsäure ($C_{27}H_{52}O_2$) mit Glycerolryd (Cocin) ist. Im ranzigen Cocosnußöle ist diese Säure zum Theil frei, d. h. als Hydrat ($C_{27}H_{52}O_3 + aq.$), vorhanden.

Auch das beim Auspressen der Stearinsäure (S. 98) abfallende Gemenge von Delsäure mit etwas Stearin- und Margarinsäure giebt eine brauchbare

*) Die Säure, welche die Untersalpetersäure durch ihre Einwirkung auf die nicht trocknenden Oele bildet.

Seife, deren Darstellung meist einen Nebenbetrieb der Stearinfabriken ausmacht, und um so leichter, als dabei gleichsam ein Vorsprung gewonnen ist; denn es handelt sich hier nicht mehr um eine Zersetzung des Fettes, sondern nur um eine Sättigung der bereits freien Säurehydrate durch Alkali. —

Harz.

Ein fast ebenso wichtiger Rohstoff, als die überseeischen Pflanzenfette, ist das unter dem Namen Kolophonium (Geigenharz) bekannte, nach der Destillation des Terpenthins zurückbleibende Harz, dessen Ursprung, Gewinnung und chemische Natur bereits unter den Leuchtstoffen (S. 102) erörtert worden sind.

Der Talg, das Oliven-, Palm- und Cocosnuß-Öel, die Pelsäure und das Harz werden zur festen oder harten; dagegen Thran und die Saamenöle zur weichen oder Schmierseife benutzt.

Die Lauge.

Neben den Fetten sind noch die Alkalien Rohstoff für die Seifensiederei, und zwar in doppelter Beziehung wichtig: einmal als wirklicher Bestandtheil der fertigen Seife, dann aber auch als derjenige Stoff, auf dessen chemischer Wirksamkeit diejenige Umwandlung der Fette beruht, welche der Seifenbildung vorangehen muß. Der Handel liefert nun dem Seifensieder nur Asche, Petasche und Soda, worin die Alkalien an Kohlensäure gebunden sind. In dieser Verbindung vermag aber weder das Kali, noch das Natron so zu wirken, wie es der Seifensieder voraussetzt *); seinem Zwecke entsprechen nicht die Salze, sondern nur die Hydrate des Kali's und Natrons, welche stets als Auflösung unter dem Namen Lauge oder Aetzlauge von verschiedener Stärke verwendet werden. Es ist mithin das Aegendmachen der Alkalien (d. i. die Umwandlung der kohlensauren Alkalien in Hydrate), oder die Laugenbereitung, ein höchst wichtiges Geschäft, welches der Seifensieder mittelst des gelöschten Kalkes oder Kalkhydrates bewerkstelligt. Durch einen einfachen Austausch tritt nämlich die Kohlensäure an den Kalk, während das Alkali das Hydratwasser desselben aufnimmt und sich dadurch in eine Verbindung von höchst eingreifender chemischer Thätigkeit verwandelt, wodurch fast alle Materien organischen Ursprungs und viele andere zersetzt werden. Dies ist, was der Ausdruck »ägend« bezeichnet. — Man hat beobachtet, daß sehr concentrirte Aetzlauge dem kohlensauren Kalk die Säure entzieht, so daß Kalkhydrat und kohlensaures Alkali, also das Gegentheil von dem entsteht, was der Zweck des Seifensieders ist. Es erklärt sich daraus die wichtige Erfahrung, daß kohlensaures Kali, in 4 Th. Wasser gelöst, mit Kalk behandelt gar nicht, in 5 und 8 Th. Wasser noch unvollständig und erst dann vollkommen ägend wird, wenn es in mehr als 10 Th. Wasser gelöst war. — Am besten und schnellsten erreicht man diesen Zweck, wenn man 2 Th. gebrannten Kalk mit 6 Th. warmem Wasser lösch (in Hydrat verwandelt) und nach und nach zu einer kochenden Auflösung von 3 Th. kohlensaurem Kali in 12 Th. Wasser hinzufügt. Wenn die, durch Absegen des kohlensauren Kali's klargewordene Flüssigkeit, nicht mehr mit Säuren aufbraust, noch Kalkwasser trübt, so ist dies ein Beweis, daß alle Kohlensäure an den Kalk übergegangen und die Lauge vollkommen ägend geworden ist. Bei kohlensaurem Natron, welches leichter ägend wird, hat man

*) Nur wenige Fälle sind von dieser Regel ausgenommen, wovon weiter unten die Rede sein wird.

nur halb so viel Wasser nöthig. — Auch in der Kälte können kohlensaure Alkalien mit Kalk ägend gemacht werden, weil aber hierbei die Unterstützung des Vorgangs durch Wärme fehlt, so muß man mehr Kalk und verdünntere Auflösungen anwenden und beide viel längere Zeit auf einander einwirken lassen. Auf diesem Wege können also nur schwächere Laugen bis zu 10^0 oder 12^0 B., aber mit Ersparniß von Brennstoff erhalten werden. Der Zeitverlust kommt dagegen nicht in Anschlag, weil man die Einwirkung der Stoffe süglich sich selbst überlassen kann. Während der Theorie nach auf 100 Th. kohlensaures Kali 53 Th., auf ebenso viel kohlensaures Natron 40,5 Th. gebrannter Kalk ausreichen müßten, so muß man in der Praxis für Soda wenigstens 50 Th., für Potasche 60 bis 80 Th. und für Asche 8 bis 10 Th. Kalk nehmen. —

Die Seifensieder verschaffen sich die Aeglauge bis jetzt nur auf die letztere Art: durch Digestion in der Kälte, theils weil nach dem üblichen Verfahren des Siedens starke Laugen nicht anwendbar sind, theils weil man (wenigstens in nördlichen Ländern) sich ursprünglich nur der Asche bediente — welche kochend behandelt, zuviel fremde Salze an die Lauge abgeben würde — und dadurch einmal auf das Sieden mit kalt bereiteter Lauge eingeübt ist. Die Handgriffe sind dabei die folgenden.

Bei dem Einkaufe und Sammeln der Asche hat man darauf zu sehen, daß sich nur Holzasche und keine andere, am wenigsten Torfasche, darunter befindet, welche nicht allein kein kohlensaures Alkali enthält, sondern noch obendrein durch ihren oft beträchtlichen Gehalt an Gyps schadet. Dieser vertauscht nämlich mit dem kohlensauren Alkali die Säuren, so daß kohlensaurer Kalk, und für die Laugebildung nutzloses schwefelsaures Kali entsteht. Man will gefunden haben, daß manche Torfaschen auf diese Art ihr dreifaches Gewicht Holzasche verderben können. In jeder gewöhnlichen Asche sind viele halbgebrannte Kohlen und Holzteile enthalten, welche an die Lauge färbende, brenzliche Stoffe abgeben und deshalb durch Absieben entfernt werden müssen. — Die abgeseibte Asche wird auf einem mit Steinen geplatteten Boden mit Wasser oder schwachen Laugen (wie sie nebenbei abfallen) angefeuchtet, gut durchgekrückt und so lange liegen lassen, bis alle Aschentheile gleichmäßig durchdrungen sind. Alsdann schöpft man den Haufen in der Mitte aus, so daß eine Grube entsteht. In dieser Grube wird der Kalk gelöscht, und wenn er zerfallen ist, von allen Seiten mit Asche bedeckt, um nachher beides, Asche und Kalk, gleichförmig durch einander zu mengen. Zum Auslaugen des Gemenges dienen hölzerne, oder besser gußeiserne Fässer mit einem falschen durchlöchernten Boden, welcher mit Stroh bedeckt wird, und einem Hahn zum Ablassen, ganz so wie in Fig. 103. In diese »Aescher« wird das Gemenge so gleichmäßig als möglich mit einem starken Spaten, dem Sekeisen, eingefüllt (das Einstellen), mit Stroh, Besenreisig oder Korbgeflecht bedeckt und mit so viel Wasser versehen, als für die Einwirkung des Kalkes notwendig ist (das Eintränken). Damit die Luft aus den Zwischenräumen entweichen kann, läßt man den Hahn vorerst offen und giebt das Wasser (oder die schwache Lauge) nur so allmählig hinzu, daß es langsam niedersinkt. Sowie die Lauge aus dem Hahne abzufließen droht, schließt man den Hahn und füllt den Rest nach. Man sagt dann, »der Aescher steht« und bezeichnet damit die

Die Lauge.

Die Laune.

Periode, in welcher das Kegenwerden der Lauge vor sich geht. Den andern Tag, oder nach 24 Stunden, kann der Aescher »gezogen« werden; zuerst läuft die stärkste Lauge ab, die Feuerlauge, mit 20 bis 25° B. Kali; ein zweiter Aufguß liefert die Abrichtelauge mit 8 bis 10° B. Kali, ein dritter die schwache Lauge von 3 bis 4° B. Kali. Die nachfolgenden Flüssigkeiten sind ganz schwache Lauge und werden zum Eintränken der Aescher benutzt.

Die Behandlung der Potasche ist einfacher und besteht darin, daß die trockene Potasche, mit dem gelöschten Kalke gemengt, in den Aeschern eingetränkt wird. Trocken geht das Mengen leichter und sicherer von Statten. Beim Ziehen läuft die Lauge nicht so gern klar durch, auch bricht oft der Kalk durch Stroh und Siebboden. Deshalb verarbeitet man die Potasche gern mit Zusatz von Holz- asche, wodurch diesem Uebelstande begegnet wird. In diesem Falle können entweder beide, oder auch die Asche für sich mit dem Kalke gemengt werden, wo denn die Potasche obenauf in den Aescher kommt, oder in der Eintränklauge gelöst wird. —

Das Sodasalz wird auf gleiche Weise behandelt, aber nie mit Aschen- zusatz. Am besten ist es, dieselbe über dem Kalke in den Aescher einzusetzen.

Das Kegenmachen durch Anrühren der Potaschen- oder Sodalösung mit Kalkmilch ist darum unbequem, weil sich der kohlensaure Kalk, der sehr fein vertheilt bleibt, nur äußerst langsam absetzt.

Die Laugenbereitung aus Asche verschwindet in demselben Maaße aus der Seifensiederei, als der Holzmangel größer und die Soda verbreiteter wird. Auch ist es gewiß, daß die Darstellung der Lauge durch Kochen aus der Soda, wo man mit wenig fremden Salzen zu thun hat, dem Seifensieder insofern Vortheil bringen muß, als er dadurch in Stand gesetzt wird, sich diejenigen starken Laugen, welche neuerdings, z. B. beim Verseifen des Cocosnußöls, so häufig gebraucht werden, unmittelbar, anstatt durch Eindampfen der schwächeren, zu verschaffen.

Krystallisirte oder gar rohe Soda anzuwenden, ist nicht rathsam, weil beide bei geringem Natrongehalte viele Kosten durch Transport u. verursachen und die letztere zu viel Schwefelnatrium enthält, welches erst künstlich beseitigt werden muß. Ein wesentlicher Uebelstand der kalten Laugenbereitung liegt darin, daß man mit dem Kalkezusatz, der unmöglich im Voraus genau bestimmt werden kann, nicht gut ab- und zugeben kann. Daher kommt es denn, daß man bald mit einem Ueberflusse (»man steht zu hoch im Kalke«), bald mit dem Gegentheile (»man steht zu tief im Kalke«) zu kämpfen hat. Das erstere bringt keinen großen Nachtheil, wenn aber die Lauge noch kohlensauer abläuft, so bleibt nichts übrig, als dieselbe nochmals über den Kalk zu gießen.

Die Keglauge der Seifensieder aus Asche oder Potasche enthält etwas schwefelsaures Kali, besonders aber Chlorkalium, auch etwas Kieselsäure in Lösung, welche letztere zwar nicht in der Kälte, aber beim Kochen mit dem Kalke verbunden niederfällt. Die Soda, besonders die aus Seepflanzen, theilt der Lauge einen Kochsalz- und Schwefelnatriumgehalt mit. Bei der kalten Laugenbereitung wird, besonders von den schwächeren Laugen, Kalkhydrat aufgelöst, welches, seiner geringen Löslichkeit ungeachtet, in der großen Menge Flüssigkeit nicht verschwindend

ist ($\frac{1}{600}$ bis $\frac{1}{700}$ des Wassers) und beim Sieden etwas Seife zu unlöslicher Kalkseife verwandelt und dadurch verdirbt. — Endlich darf nicht übersehen werden, daß die Aeslaugen, besonders die concentrirten, beim Sieden das Eisen angreifen und eisenhaltig werden.

Der Seifensieder kann nur dann beim Auslaugen der Aescher und beim Versieden des Fettes richtig urtheilen und mit Sicherheit verfahren, wenn er jeden Augenblick im Stande ist, sich Kenntniß von der Stärke (dem Gehalte an Kali- oder Natronhydrat) seiner Laugen zu verschaffen. Er bedient sich dazu eines ziemlich unsicheren, aber leicht zu handhabenden Mittels, der Beaumé'schen (an anderen Orten auch der Stoppani'schen, in Frankreich der Gay-Lussac'schen u.) Senkwaage. Bei einer solchen (nämlich für Flüssigkeiten, welche schwerer als Wasser sind) ist der Zwischenraum zwischen dem Punkte, bis zu welchem das Instrument in reines Wasser einsinkt — dem Nullpunkte — und dem Punkte, bis zu welchem dasselbe in eine Lösung von 1 Th. Kochsalz in 9 Th. Wasser einsinkt, in 10 gleiche Theile oder Grade getheilt. Diese Eintheilung ist auf der weiteren Länge der Spindel fortgesetzt. Die Anzeigen einer solchen Senkwaage stehen mit der chemischen Beschaffenheit einer Flüssigkeit in keinem Zusammenhange, und da die Eintheilung in Grade eine ganz willkürliche ist, so kann man damit mittelbar nichts Anderes, als die Dichtigkeit verschiedener Flüssigkeiten gegen einander vergleichen. Wenn daher die Senkwaage in einem Zuckersyrup und in einer Lauge gleich tief einsinkt, so kann man daraus nur entnehmen, daß beide von gleicher Dichtigkeit sind. Weil aber einmal ausgemittelt ist, welchem spec. Gew. die Beaumé'schen Grade, und welchem Kali- oder Natrongehalte die spec. Gew. verschiedener Laugen entsprechen, so kann diese Senkwaage allerdings zur mittelbaren Auffindung des Alkaligehaltes einer Lauge mit Hülfe der Tabellen dienen. Eine Lauge von 18° B. z. B. hat ein spec. Gew. = 1,138, welchem ein Gehalt von 15,3 pCt. Kali oder 12,8 pCt. Natron entspricht, aber unter der bestimmten Voraussetzung, daß die Lauge keine anderen Stoffe und Salze enthält, welche ebenfalls auf die Senkwaage wirken. Dies ist bei den Laugen der Seifensieder niemals der Fall, so daß die Angaben der Beaumé'schen Senkwaage, was den Alkaligehalt betrifft, entweder nur annähernd oder ganz unbestimmt sind. Nichtsdestoweniger sind sie dem Gewerbsmanne von mehrfachem Vortheile und unentbehrlich. Zunächst kann er damit die abnehmende Stärke der aus dem Aescher ablaufenden Flüssigkeiten recht gut verfolgen und einen hinreichend sicheren Schluß aus der Gräbigkeit ziehen, wenn eine gleichzeitige Probe mit Säure die Abwesenheit der Kohlensäure beweist. Aber auch beim Seifensieden selbst gewährt die Prüfung der Lauge mit der Senkwaage, mit der individuellen Erfahrung des Arbeiters zusammengehalten, einen Anhaltspunkt, insofern derselbe nämlich weiß, daß die Lauge, aus der und der Soda- oder Potaschen-Sorte, für den jedesmaligen Zweck so und soviel Grade zeigen muß. — Eine veraltete und sehr mangelhafte Probe ist die Tragbarkeit einer Lauge; man untersucht dabei, ob in der Lauge ein Ei oder ein Stück feste Seife nicht mehr unter sinkt, sondern schwimmt, wozu natürlich eine gewisse Dichtigkeit gehört. Man erfährt also daraus nicht, welches die jedesmalige Dichtigkeit verschiedener Laugen ist, sondern nur, ob eine Lauge eben nur diesen bestimmten Grad der

Prüfung
der Lauge.

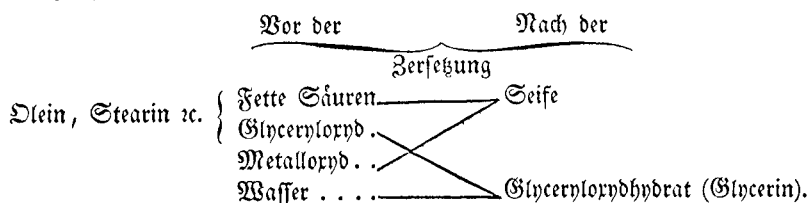
Dichtigkeit besitzt oder nicht. Mit anderen Worten, schwache Laugen können auf diese Art gar nicht geprüft werden. —

Theorie der
Seifenbil-
dung.

Eine klare Einsicht in den Vorgang der Seifenbildung, also auch eine richtige Erklärung dieses merkwürdigen Processes, kann nur aus der vollkommenen Kenntniß der näheren und entfernteren Bestandtheile der Fette, sowie ihrer Verbindungsweise hervorgehen. Die Frage über die Theorie der Seifenbildung und die Frage über das, was die Chemiker die Constitution der Fette nennen, fallen also zusammen. Alles, was man bis jetzt darüber weiß, verdanken wir einer denkwürdigen, von Chevreul vom Jahre 1813 bis 1823 fortgesetzten Untersuchung, deren Ergebnisse von demselben in seinen »Recherches chimiques sur les corps gras etc. Paris 1823« bekannt gemacht wurden. Sie sind durch die neueren Forschungen in wenigen Fällen berichtigt, in vielen dagegen erweitert und durch Thatsachen sowohl, als durch Betrachtungsweisen vervollständigt worden, welche die mächtigen Fortschritte der Wissenschaft seitdem in's Leben gerufen haben. — Diese Forschungen haben nun zusammengenommen erwiesen, daß die Fette, wie Talg, Schmalz, Baumöl u. Gemenge sind von Materien zweierlei Art, welche, einzeln genommen, ganz und gar die Eigenschaft der Fette selbst besitzen. Sie unterscheiden sich am meisten durch ihren Aggregatzustand bei gewöhnlicher Temperatur. Diejenigen, welche fest und hart erscheinen, sind von Chevreul Stearin (Talgstoff), das flüssige dagegen Olein (Oelstoff) genannt worden. Die Consistenz eines Fettes hängt daher von dem Vorwiegen des einen, oder andern dieser Gemengtheile ab, so daß die Oele ihre Flüssigkeit dem Uebersaße von Olein, die Talgarten ihre Festigkeit dem des Stearins oder Margarins verdanken. Pelouze und Boudet haben beobachtet, daß das Olein aus Olivenöl, Haselnußöl, Menschen- und Schweinefett u. durch verschiedene Löslichkeit, sowie durch verschiedenes Verhalten gegen die Untersalpetersäure, sehr von dem Olein aus Lein-, Ruß-, Mohn-, Hanf-, Cacaobutter u. abweicht. Es giebt demnach von den Stoffen, welche der Gattungsname Olein unter sich begreift, mehrere bestimmt verschiedene Arten, welche in den genannten Fetten immer ein und dasselbe Margarin und Stearin aufgelöst enthalten. Ebenso haben diese Forscher gezeigt, daß das, was man wohl für verschiedene Arten von Stearin oder Margarin anzusehen geneigt war, vielmehr Verbindungen in festen Verhältnissen des Oleins mit Stearin oder Margarin sind, wie in der Cacaobutter und dem Olivenöle. Im Betreff des erst neuerdings untersuchten Cocos- und Palmfettes ist schon angemerkt worden, daß ihre Stearine, wegen ihrer abweichenden Zusammensetzung, durch die Bezeichnung: Cocin und Palmitin unterschieden werden.

Was nun die Natur dieser näheren Bestandtheile: des Stearins, des Margarins und des Oleins betrifft, welche, theils nur mit einander gemengt, theils chemisch gebunden, die Fette bilden, so hat man — gestützt auf die bei ihrer Zerlegung beobachteten Thatsachen und die Ähnlichkeit ihres Verhaltens mit anderen wohlbekannten Verbindungen — den Schluß gezogen, daß sie wahre Salze oder Verbindungen einer Base mit einer Säure sind. Die Base ist in der großen Mehrzahl der Fette dieselbe, nämlich das Dryd eines zusammengesetzten Radicals, das Glycerolryd ($C_6H_{14}O_5$ oder $2 C_3H_4O + 3 H_2O$), die damit verbundenen Säuren aber sehr verschieden. Während das Glycerolryd, ein im Hydratzu-

stande in Wasser löslicher, farbloser, süßschmeckender Körper (Delsüß), nichts von der Natur der Fette hat, so finden sich die physikalischen Eigenschaften dieser Körper in diesen sogenannten fetten Säuren wieder. Dieselben sind bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, wenn sie aus einem flüssigen Bestandtheile (z. B. einem Olein), aber fest, wenn sie aus einem festen (z. B. einem Stearin) entsprungen sind. So bildet das Glyceroloryd, mit der Stearinsäure verbunden, das Stearin, mit der Margarinsäure das Margarin, mit der Delsäure das Olein des Baumöls, mit der Palmitinsäure das Palmitin, mit der Cocostalgsäure das Cocin u. s. w., Verbindungen, welche stets die Beschaffenheit eines Fettes, nicht die des Glyceroloryds besitzen. Die basischen Metalloxyde, die Alkalien, Erden u. bewirken bei Gegenwart von Wasser eine rasche Zersetzung dieser Verbindungen, wobei sie die Säure an sich ziehen und das ausgeschiedene Glyceroloryd dem Wasser zuweisen. Das neben dem Glycerolorydhydrat entstandene Salz — aus der fetten Säure und dem Metalloxyd — ist eine Seife in der weiteren wissenschaftlichen Bedeutung des Wortes. Wird ein natürliches Fett gerade so behandelt, so geht dieselbe Zersetzung seiner Gemengtheile vor sich, als ob diese einzeln genommen würden; es entstehen ebensoviele Salze des Metalloxyds mit den vorhandenen fetten Säuren, welche zusammen ein Gemisch bilden. Ein solches wird z. B. im Großen erhalten, wenn man Fette mit Kali oder Natron (Kalk) behandelt und heißt dann Seife in der engeren, praktischen Bedeutung des Wortes. Der Vorgang der Verseifung eines Fettes ist also übersichtlich folgender:



Wenn man also Olivenöl hinreichend lang mit Bleioryd und Wasser kocht, so erhält man eine Bleiseife, das Blei-Pflaster, welche in Wasser unlöslich über einer Auflösung von Glycerin in Wasser schwimmt. Man hat in der That das Auftreten des Glycerins zuerst bei dem Pflasterkochen beobachtet, weil dabei kein anderer in Wasser löslicher Stoff auftritt, der seine Gegenwart maskirt. — Einige der fetten Säuren sind flüchtig, verdampfbar, wie sie z. B. Chevreul in der Butter und dem Thrane beobachtet hat. Solche Säuren sind die Ursache des Geruchs einiger Seifen, indem sie sich durch fortschreitende Zerfetzung ihrer Salze langsam verflüchtigen. Derselbe Chemiker hat dargethan, daß die Seifenbildung von dem Zutritte der Luft ganz und gar unabhängig ist und daß das Gewicht der Verseifungsproducte, das des angewandten Fettes stets um etwas übertrifft. So erhielt derselbe aus 100 Thln.

	Stearin	Olein
Margarinsäure . . .	78,0	20,08
Delsäure	18,4	75,92
Glycerin	8,5	9,80
	<u>104,9</u>	<u>105,80</u>

Theorie der
Seifenbildung.

Dieser Mehrbetrag von 4,9 und 5,8 %, auf die Elementarbestandtheile der Verseifungsproducte zurückgeführt, ist Sauer- und Wasserstoff in demselben Verhältniß, wie in dem Wasser. Wirklich werden die fetten Säuren und das Glycerin, welche in dem Fette wasserfrei enthalten sind, bei der Abscheidung und Trennung, stets als Hydrate erhalten. In dem Palmöl und Cocosöl finden sich die fetten Säuren aus den Glycerinverbindungen zum großen Theil schon durch eine freiwillige Zersetzung, das Ranzigwerden, abgeschieden; hier hat also die Seifenbildung einen Vorsprung und die Alkalien, nicht mehr in der Nothwendigkeit, eine Glycerinverbindung erst zu zersetzen, können einfach mit der bereits frei vorhandenen Säure zu Seife zusammentreten. Nur für die (geringe Menge) des unverändert gebliebenen Palmitins und Cocins bleibt die Einwirkung des Alkali's dieselbe. Man begreift daraus, warum die Verseifung des Palm- und Cocosfettes so sehr viel leichter und rascher von Statten geht, als die der meisten anderen Fette. — Ganz anders verhält es sich mit dem Harz (Kolophonium), denn insofern seine chemische Beschaffenheit von derjenigen der Fette sehr abweicht, kann auch die Einwirkung der Alkalien nicht dieselbe sein. Das käufliche Kolophonium ist ein Gemenge von viel Pininsäure mit wenig Sylovin- und Kolopholsäure (vergl. S. 102.), ein Gemenge, welches sich daher vermöge des Charakters seiner Bestandtheile, als eine schwache Säure verhält. Die Verseifung ist also in diesem Falle eine uneigentliche, eine bloße Sättigung des Alkali's mit den Harzsäuren, deren Product sich in gewerblicher Beziehung den Seifen ähnlich verhält. Die Darstellung dieses Productes ist noch leichter und einfacher, als die Verseifung der sauren Pflanzenfette.

Soweit bis jetzt von Alkalien die Rede war, sind nur ätzendes Kali und Natron darunter verstanden. Es ist übrigens bekannt, daß auch mit kohlensauren, sogar doppeltkohlensauren Alkalien die Verseifung möglich ist, sie geht aber in diesem Falle so langsam und so unvollkommen von Statten, daß die Ausübung im Großen davon keinen Nutzen ziehen kann. Diese Möglichkeit beruht darauf, daß z. B. aufgelöstes kohlensaures Kali mit Fett zum Sieden gebracht die Hälfte des Kali's zur Seifenbildung hergiebt, während die andere Hälfte doppeltkohlensaures Salz wird. Dieses letztere wird durch fortgesetztes Kochen, wenn hinreichend Fett vorhanden, unaufhörlich unter Entweichen von Kohlensäure zersetzt, aber so schwierig, daß man kaum auf diese Weise eine vollkommene Seife erhalten kann. Nur zur Verseifung (Sättigung) des Harzes im Großen sind kohlensaure Alkalien ebenso anwendbar als ätzende.

Ein Ueberschuß von Alkali befördert die Verseifung und wird in der Praxis um so lieber angewendet, weil man sich seiner ohne Schwierigkeit wieder entledigen kann. Ueberhaupt darf man sich nicht vorstellen, als ob die Zersetzung der Fette und die Seifenbildung mit einem Mal und so rasch und entschieden vor sich ginge, wie die Zersetzung gewöhnlicher Salze. Im Gegentheil durchläuft die Seifenbildung von dem ersten Zusammenmischen des Fettes mit dem Alkali an, — wobei ein milchartiges, trübes (emulsionartiges) Gemenge entsteht — bis zum Auftreten der fertigen Seife, also bis zu dem Punkte, wo alles Alkali vollkommen mit fetter Säure gesättigt ist, mehrere Zwischenstufen in einem längeren Zeitraum. Es entstehen anfangs saure Salze mit den Fettsäuren,

welche das übrige Fett in Auflösung und Vertheilung erhalten, bis dieses Ge-
 genheit gefunden hat, ebenfalls Alkali aufzunehmen, und die sauren Salze end-
 lich in neutrale, d. h. fertige Seife übergehen. Dieses Verhalten läßt sich deut-
 lich ersehen, wenn man ein Fett mit halb soviel Alkali versiebet, als eigentlich er-
 forderlich wäre; es wird zuletzt alles Del aufgelöst, aber die Lösung trübt sich
 beim Erkalten und scheidet, mit Wasser verdünnt und gekocht, unverseiftes Fett
 ab, welches nur durch das gebildete stearin= (margarin= ic.)saure Alkali in der
 Flüssigkeit gebunden war.

Aus dem Angeführten geht hervor, daß die gewöhnlichen Seifen Gemenge
 sind aus den Verbindungen der fetten oder Harz-Säuren mit Kali oder Natron.
 Die Wahl der Basis ist aber keineswegs gleichgültig. Die Kaliseifen sind näm-
 lich in gewissem Grade das, was man bei gewöhnlichen Salzen zerfließlich nennt,
 d. h. sie trocknen, als Lösungen an die Luft gestellt, nicht aus, sondern halten so
 viel Wasser zurück, daß sie damit eine schmierige, weiche Gallerte bilden. Umge-
 kehrt ziehen künstlich getrocknete Kaliseifen so viel Wasser an, bis sie zur Gal-
 lerte erweicht sind. Solche Seifen nennt der Seifensieder »Schmierseifen«,
 im Gegensatz zu den Natronseifen, welche »feste Seifen« heißen. Diese
 letzteren halten weder so viel Wasser zurück, noch ziehen sie so viel an, um zu
 erweichen, sondern erhärten an der Luft mit einem gewissen Wassergehalt zu ei-
 ner vollkommen festen Masse, welche nur schwierig Eindrücke mit dem Finger
 annimmt. Die Zerfließlichkeit der ersten Art Seife rührt von der gleichen Eigen-
 schaft des stearin=, margarin= und ölsauren Kali's her, so wie die Seifen der
 zweiten Art ihre Eigenschaft den entsprechenden Salzen des Natrons verdanken*).
 Das Harz, gleichviel ob mit Natron oder Kali gesotten, bildet für sich stets eine
 Schmierseife. Die Schmierseifen werden aus Thran und trocknenden Saamen-
 ölen, die festen Seifen aus nicht trocknenden Pflanzenfetten und Oelen oder Talg
 dargestellt. Käufliche Seife jeder Art enthält eine beträchtliche, nach dem Feuch-
 tigkeitszustand der Luft veränderliche Menge Wasser, welches theils chemisch ge-
 bunden, zum größeren Theil aber bloß aufgesaugt darin enthalten ist. Die festen
 Seifen gewinnen an Härte durch das Austrocknen, so daß sie zuletzt gepulvert
 werden können. — Die Kaliseifen vermögen die Natronsalze, z. B. das Kochsalz,
 oder schwefelsaure Natron zu zersetzen, indem das Kali, als die stärkere Base, die
 stärkere (Mineral-) Säure an sich zieht und die fette Säure dem Natron über-
 läßt. Man erhält also Chlorkalium oder schwefelsaures Kali und eine Natron-
 seife. Dieser mittelbare Weg, feste (Natron-) Seife darzustellen, wird in der That
 in Deutschland benutzt.

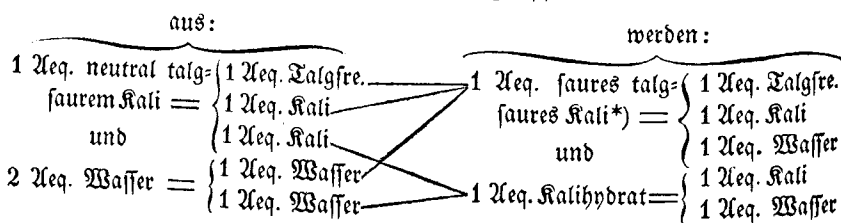
Das Verhalten fertiger Seifen gegen Lösungsmittel ist von besonderem
 Interesse und von ganz entschiedener Wichtigkeit für die Ausübung. In Alko-
 hol und heißem Wasser lösen sich die Seifen vollkommen. Die wässrige
 Lösung ist dickflüssiger, schleimiger als die alkoholische, aber beide erstarren, bei
 einem gewissen Concentrationsgrad zu einer Gallerte; eine solche ist der mit

*) 100 Th. trocknes ölsaures Kali ziehen aus der Luft 162 Th. Wasser an,
 100 Th. » margarin=saures Kali » » » » 55 Th. » »
 100 Th. » talg=saures » » » » » 10 Th. » »
 100 Th. » » » Natron » » » » 7½ Th. » »

Theorie der
Seifenbildung.

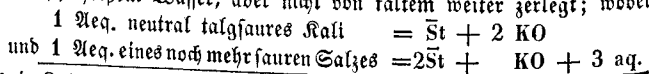
Weingeist und Seife bereitete Opodeldoc. — Man hat stets gefunden, daß die Kaliseifen in Wasser leichter löslich sind, als die Natronseifen. Dies läßt sich besser an den reinen fettsauren Salzen, als an der Seife beobachten. Das talgsaure Natron erleidet mit 10 Th. Wasser zusammengebracht, kaum eine Veränderung, während das talgsaure Kali damit zu einem dicken Schleim zergeht. Delsaures Natron ist in 10 Th. Wasser löslich, dlsaures Kali schon in 4 Thln. und bildet selbst mit 2 Thln. eine Gallerte; margarinsaures Kali giebt mit 10 Th. Wasser einen durchsichtigen zähen Schleim. Man sieht außerdem daraus, daß die Salze der Delsäure löslicher sind, als die der Talg- (und Margarin-) Säure mit derselben Basis, so daß die Weichheit oder Härte einer Seife nicht allein von der Wahl der Base, sondern auch von dem Vortwalten der Del- oder Talgsäure abhängt. Die oben, als zur Schmierseife dienend bezeichneten Fette, sind gerade durch ihren hohen Delsäure- (Stein-) Gehalt ausgezeichnet.

Von kaltem Wasser werden die öl-, margarinsäure und stearinsäuren Alkalien — also auch die künstlichen Seifen — nie ohne Zersetzung aufgelöst. Diese Erscheinung beruht darin, daß die neutralen Salze in Alkali zerfallen, welches gelöst bleibt, und in ein saures Salz, welches sich ausscheidet. Dieselbe Zersetzung tritt ein, wenn heiße Lösungen von Seife, besonders verdünnte, erkalten. Chevreul hat diese Zersetzung bei dem talgsauren Kali aufs Genaueste erforscht und die Ergebnisse seiner Beobachtungen sind sehr geeignet, das Verhalten der Seifen im Allgemeinen zu veranschaulichen. Wenn eine Lösung von neutral talgsaurem Kali, ($\text{St} + 2\text{KO}$) erkaltet, so bleibt $\frac{1}{4}$ seines Kaligehaltes in Auflösung, während ein Gemenge von neutral und saurem talgsauren Kali abgeschieden wird. Läßt man dasselbe Salz mit 5000 Th. kaltem Wasser zergehen, so fällt allein saures talgsaures Salz, $\text{St}, \text{KO}, \text{aq.}$ in perlmutterglänzenden feinen Schuppen nieder und die Hälfte des Kali's bleibt ungelöst, denn:



Dieses Verhalten ist dem neutral öl- und margarinsäuren Kali und Natron gemein und die Ursache, warum die Seife beim Gebrauch, selbst mit dem reinsten Wasser, eine weißlich trübe Flüssigkeit giebt, „Seifenbrühe“; nur auf dem Freiwerden von etwas Aeskali beruht die laugenartige Beschaffenheit

*) Das entstandene saure Salz = $\text{St}, \text{KO}, \text{aq.}$, von der Flüssigkeit getrennt, wird von viel (1000 Th.) heißem Wasser, aber nicht von kaltem weiter zerlegt; wobei



aus je 3 Aeq. des sauren Salzes = $3\text{St} + 3 \text{ KO}$ und Wasser gebildet werden.

der Seifenbrühe, nur darauf gründet sich die Möglichkeit, fettige Unreinigkeiten in Wasser zu entfernen, welches der Zweck alles Waschens mit Seife ist. — Theorie der Seifenbildung.

Jede fertige Seife, so wie sie aus dem Kessel kommt und nachher verkauft wird, ist eine mehr oder weniger concentrirte Lösung von Seife in Wasser, welche nach dem Erkalten und wenn sie starr geworden, ganz ähnliche Zersetzungserscheinungen zeigt. In der That sieht man bei den gewöhnlichen Seifen in einer mehr durchscheinenden Grundmasse, wenig durchsichtige, seidenglänzende, höchst feine Krystallsäden hervortreten. Diese Verschiedenheit bezeichnen die Seifensieder durch die Ausdrücke „Kern und Fluß“, welchen übrigens noch eine andere Bedeutung zukommt, wovon weiter unten.

Für den Seifensieder ist das physikalische Verhalten der Seifen gegen verschiedene Salzlösungen, wie des Kochsalzes, schwefelsauren, kohlensauren Natrons, der entsprechenden Kaliverbindungen, des Salmiaks u. a. darum so überaus wichtig, weil daran, wenn auch nicht die Bildung, aber doch die Abscheidung aller fremdartigen Stoffe, also die Reinigung der festen Seifen, so wie die Ertheilung eines bestimmten Wassergehaltes abhängt. In der Ausübung ist es stets die Kochsalzlösung, welche diesen wichtigen Dienst leistet.

Wenn man zerschnittene Seife in eine bei gewöhnlicher Temperatur gesättigte Kochsalzlösung bringt, so findet schlechterdings keine Einwirkung Statt. Die Seifenstücke, weit entfernt sich zu lösen oder aufzuweichen, schwimmen obenauf, ohne auch nur benetzt zu werden; die Salzlösung läuft von der Oberfläche ab, wie Del vom Eis. Selbst nach längerem Einweichen ist der Erfolg kein anderer, als ob man die Seife in Quecksilber getaucht hätte; ihre Härte nimmt eher zu, als daß Erweichen eintritt. Bringt man die Salzlösung zum Sieden, so erweicht die Seife durch die Wärme zu einer gallertartigen, oder vielmehr dicken und zähen Masse, die in der Salzlösung noch ebenso unauslöslich, darin von derselben scharf abgeschieden bleibt, und sich höchstens in Flocken trennt, welche an der Oberfläche schwimmen. Diese Flocken erhärten nach dem Herausnehmen und Erkalten wieder zu fester Seife. — Ist die Kochsalzlösung nicht gesättigt, sondern von einer gewissen Verdünnung, so machen sich Seife und Salz in der siedenden Flüssigkeit einander das Wasser in der Art streitig, daß keins von beiden einen entschiedenen Sieg davonträgt. Das Wasser wird zum Theil von der Seife aufgenommen, zum Theil verbleibt es bei dem Kochsalz, so daß man auf der nunmehr concentrirteren Kochsalzlösung eine Seifenlösung schwimmen sieht, welche sich weder damit mischt, noch darin auflöst, sondern noch immer eine getrennte Masse bildet. Nur wenn der Kochsalzgehalt einer Flüssigkeit unter $\frac{1}{400}$ beträgt, ist seine Wirkung hinreichend vermindert, um die Auflösung der Seife nicht mehr zu verhindern. Läßt man eine solche Lösung längere Zeit sieden, so treten nach und nach in dem Maas, als das Wasser verdunstet, folgende Erscheinungen ein.

Anfangs nimmt die Flüssigkeit unter ruhigem Sieden eine dünnschaumige Beschaffenheit an. Allmählig wird die Seifenmasse und der Schaum zäher, bis man endlich an der Art, wie eine ausgehobene Probe vom Nährschieß abfließt, bemerkt, daß die Seifenlösung, obgleich noch sehr weich und flüssig, doch schon von der Salzlösung geschieden ist. In diesem Zeitpunkt ist also die Salz-

lösung schon so weit concentrirt, daß die Seife nicht mehr gelöst bleiben kann. Man sieht deutlich, wie das Rührscheit von einer Flüssigkeit (Kochsalzlösung) benezt ist, über welche die Seifenlösung in flachen Klumpen oder Flocken hinabgleitet, ohne daran anzuhaften oder theilweise hängen zu bleiben. Von nun an wird die Seifenlösung fortwährend dicker, weil die Salzlösung derselben um so mehr Wasser entzieht, als sie selbst durch Verdampfung verliert. Die Salzlösung sammelt sich mehr und mehr am Boden des Gefäßes; die obenauf schwimmende Seife siedet in immer größeren Schaumblasen, welche stets zäher werdend, allmählig dem von unten aufsteigenden Dampf den Durchgang erschweren. Die Oberfläche theilt sich nunmehr in mehrere, durch tiefe Furchen getrennte Felber, welche nicht frisch und weich wie der Schaum in den Furchen, sondern gleichsam als trockene Platten erscheinen, welche vom Dampf zur Seite gedrückt, sich langsam über- und untereinander schieben. Diese Art zu Sieden und Blasen zu werfen, bezeichnet der Seifensieder, nach einander, mit den Ausdrücken »Zach-sieden« und »Platten« bilden. Als bald ist dem Dampf das Entweichen durch die zähe Masse so erschwert, daß er sich mit Gewalt, wie aus Kratern, Bahn bricht und (besonders in dem bedeckten Kessel) ein eigenthümliches Geräusch (»Pfeifen«) verursacht. Endlich naht sich der Zeitpunkt, wo die Anziehung der Seife zu ihrem noch rückständigen Wassergehalt so groß geworden ist, daß sie dem Bestreben des Kochsalzes, ihr auch diesen streitig zu machen, vollkommen widersteht. Es kommen also Seife und Salz, in Bezug auf ihre Anziehung zum Wasser, mit einander in's Gleichgewicht. Dieser Zustand giebt sich daran zu erkennen, daß die Seife, bisher immer schaumig und aufgetrieben, plötzlich sinkt, indem der Schaum zu rundlichen, massiven, durch die Salzlösung von einander getrennten Körnern zusammenfällt, welche scharf von dieser geschieden sind. In diesem Zustande (»Kern«) steigt die Masse selbst bei dem heftigsten Feuer nicht mehr, man sieht nur, wie die Salzlösung von unten her von Zeit zu Zeit heftig, unter starkem Aufbrodeln, über den Kern herauf geworfen wird und wieder zurücksinkt, das »Aufpoltern«, »Aufschmeißen«. Wird die Seife im Verlauf eines solchen Siedens zum Erkalten herausgenommen, so erstarrt sie zu einer Masse, deren Weichheit jedesmal dem gerade stattfindenden Wassergehalt entspricht; im Zustande des Kerns dagegen erhält man Seife von der Härte der käuflichen.

Eine Seife, deren Wassergehalt über den der Kernseife hinaus erhöht worden, heißt im Gegensatz zu dieser: geschliffene Seife, wenn dem Kern im Kessel selbst, durch Unterrühren von aufgegossenem Wasser (verdünnten Laugen) oder durch nachträgliche Behandlung über einer verdünnten Salzlösung noch Wasser hinzugefügt worden. Sie heißt dagegen gefüllte Seife, wenn das Einrühren in den Kern erst nach dem Ausschöpfen, also unmittelbar vor dem Erstarren geschieht. —

Nicht alle Seifen scheiden sich mit gleicher Leichtigkeit durch Kochsalz aus ihren Lösungen. So z. B. bedarf es für die Cocosölseife ungleich mehr, als für Talgseifen, weil sich die ersteren noch in Kochsalzlösungen auflösen, worin die letzteren längst getrennt obenauf schwimmen. Harzseife verhält sich gegen Kochsalz wie Fettseife. —

Ähnliche Erscheinungen wie Kochsalz, aber sämmtlich in schwächerem Grade

bringen Chlorkalium (sehr schwach), kohlensaure Alkalien, schwefelsaures Natron (ebenfalls sehr schwach), effigsaures Kali, auch Salmiak hervor. In schwächeren Aetzlaugen ist die Seife vollkommen löslich, in stärkeren dagegen, oder wenn die Concentration mit dem Sieden zunimmt, scheidet sie sich in ähnlicher Weise ab, wie aus Kochsalzlösungen. Deshalb pflegen die Seifensieder, besonders im Anfang, nur schwächere Lauge zu nehmen, weil stärkere Lauge durch das Ausscheiden der Seife eine gehörige Verührung beider unmöglich macht und dadurch eine beträchtliche Verzögerung der Seifenbildung verursacht.

Da das Glycerin in seinem Verhalten gegen Salzlösungen und Laugen nichts mit der Seife gemein hat, sondern sich jeder Zeit darin mit Leichtigkeit löst, so hat man durch die Behandlung mit Kochsalz, welche das Ausfalten heißt, ein gutes Mittel, diesen und andere verunreinigende Stoffe von der Seife zu trennen. —

Es ist vollkommen unmöglich, während des Seifensiedens die Erden und Metalloryde gänzlich fern zu halten. Diese zerlegen dann jedesmal einen kleinen Theil der Seife, indem sie dem Alkali die fette Säure entziehen, um sich damit zu verbinden. So wird mit der Lauge stets etwas Kalk und Bittererde unter den Sud gebracht, auch werden die Wände der Siedekessel hinreichend angegriffen, um der Seife einen sichtbaren Eisen- oder Kupfergehalt zu ertheilen. Kalk-, Bittererde-, Eisen- und Kupfer-Seife sind in Wasser nicht auflöslich und erweichen durch die Wärme ungleich langsamer, als die entsprechenden Alkaliverbindungen. In der heißen Seife dagegen sind sie durch die ganze Masse hindurch aufs feinste zertheilt und so gut wie aufgelöst. Weil nun die Kupfer- und Eisen-seife die eigenthümliche Farbe der Salze dieser Metalle besitzen, so erscheint die Seife dadurch gleichförmig blau oder grünlich gefärbt. Zum Theil rührt diese Farbe auch daher, daß sich aus den schwefelhaltigen Laugen (insbesondere der Sodalaugen) Schwefel-Eisen oder -Kupfer bildet. Läßt man eine solche fertige Seife rasch erkalten, so zeigt sie auf dem Schnitt eine gleichförmige Färbung, etwa wie nasser Schiefer. Bei langsamem Erkalten dagegen scheiden sich die Erd- und Metallseifen aus der Masse aus und sammeln sich an einzelnen Stellen mit einer gewissen Regelmäßigkeit in größeren oder kleineren Gruppen an, so daß die fertige Seife auf dem Schnitt ein marmorartiges Ansehen hat. Man sieht alsdann in weißem Grund gefärbte Adern hinziehen, welche bei raschem Erkalten zahlreich und klein, bei langsamem größer und mehr vereinzelt erscheinen. Bei übertrieben rascher Abkühlung entsteht ein granitartiges Ansehen. Am meisten trägt das Schwefeleisen zur Färbung der Adern bei; daher kommt es denn, daß die bläuliche Farbe, soweit sie davon herrührt, an der Luft durch Drydation des Schwefeleisens schnell verschwindet und nur die rothgelbe Färbung der wirklichen Eisen-seife zurückbleibt. Es erhellt aus dem Gesagten von selbst, daß die als Marmorirung abgechiedenen Stoffe nur darum in der Seife schweben bleiben, weil diese zu dickflüssig ist. Will man daher die Marmorirung ganz beseitigen, d. h. weiße Seife darstellen, so muß man derselben einen so großen Wassergehalt ertheilen, daß es jenen Stoffen möglich wird, sich aus der im Kessel flüssig erhaltenen Seife vollkommen abzuscheiden. Dieser größere Wassergehalt wird aber nicht mehr abgechieden, sondern mit der Seife verkauft. Dies

ist nun die Ursache, warum man im Handel ein so großes Gewicht auf die marmorirte Beschaffenheit legt; denn sie beweist dem Abnehmer mit Sicherheit, daß der Wassergehalt der Seife über einen gewissen Grad nicht hinausgehen kann, der bei der weißen Seife beträchtlich überschritten wird. Indessen darf man nicht vergessen, daß man in neuerer Zeit gelernt hat, auch solchen Seifen, welche viel mehr Wasser enthalten, als eigentliche Kernseife, durch Einrühren von Mineralfarben in einem gewissen Zeitpunkte der Erhärtung eine beliebige Marmorirung (künstlichen Marmor) zu ertheilen.

Es versteht sich von selbst, daß nur bei festen Seifen, nie bei Schmierseifen von Marmoriren die Rede sein kann. —

Die gewerbmäßige Erzeugung der wichtigsten Seifensorten mag nunmehr in einer Anzahl Beispiele zeigen, welchen Gebrauch die Ausübung von den erläuterten Grundsätzen zu machen weiß.

Die Verseifung des Baumöls durch Natriumcarbonatlauge bildet in den süd-europäischen Ländern (im südlichen Frankreich, Ober-Italien etc.) und nordafrikanischen Küstenstrichen, also in der Heimath des Delbaums, einen ausgebreiteten und blühenden Gewerbszweig.

Was das Baumöl betrifft, so hängt die Brauchbarkeit der verschiedenen Sorten von ihrem Gefärbtsein und ihrem Gehalte an jenem festen Fettstoff ab, welche Pelouze und Bouquet als eine Verbindung von Olein mit Stearin erkannten. Je heller von Farbe und je reicher an diesem Stearin, also je leichter das Del in der Kälte gesteht, um so höher seine Güte. Die Provencer Oele nehmen den ersten Rang ein. Die feinsten zu Speiseöl anwendbaren Sorten sind für die Seifensiederei zu kostbar, dagegen ist das nachgepreßte Del durch Wohlfeilheit und größeren Stearingehalt vorzugsweise geeignet. Zuweilen setzt man eine kleine Menge Saamenöl zu, um der Seife mehr Weichheit, einen »zarten Schnitt« zu ertheilen. Die Lauge, aus Soda mit Kalk dargestellt, sind von dreierlei Stärke, die stärkste zeigt 20° — 25°, die mittlere 10 — 15° und die schwächere 4 — 5° am Aräometer. Alle drei werden gesondert in gemauerten Cisternen vorrätig gehalten. Früher, als man ausschließlich mit natürlicher Soda arbeitete, ging deren Kochsalzgehalt von selbst in die Lauge über; da die Gegenwart dieses Salzes aber im Anfang des Siedens sehr störend, und nur in den späteren Laugezusätzen nothwendig ist, so erwächst daraus ein Uebelstand, der bei künstlicher Soda nicht stattfindet. Man wählt nämlich für jene Lauge eine reine, für diese eine Kochsalzhaltige Soda, welche besonders zu diesem Zweck verfertigt wird (vergl. S. 233.).

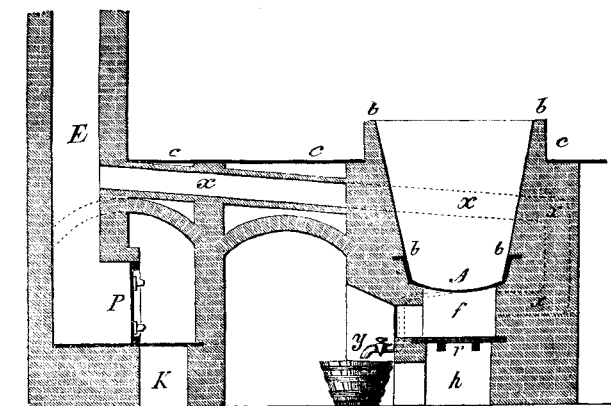
Die Quantität Seife, welche auf einmal in Arbeit genommen wird, heißt ein »Sud« und wird in zwei Kesseln zugleich angefangen, aber in einem einzigen beendet. Die Einrichtung derselben geht aus der Fig. 131. hervor. — Der Boden und untere Theil des Kessels *A* ist von Gußeisen oder Kupfer. Die Wände desselben sind durch Mauerwerk fortgesetzt, welches aus Backsteinen mit Puzzolanerde (einem wasserdichten Mörtel) aufgeführt und mit derselben überzogen ist. Dieser obere Theil *b b b b*, der nicht mehr vom Feuer getroffen wird und die Bestimmung hat, der steigenden Seife Raum zu gewähren, erweitert sich kegelförmig und heißt der Sturz. Der Feuerraum *f* ist durch

Beieieb
des Seifen-
siedens.

Die Marseille,
(venetianische)
oder Baumöl-
Seife.

den Kofst *r* vom Aschenfall *h* getrennt. Das Feuer geht, nachdem es den Kesselboden getroffen hat, durch den Kanal *x x x* in einem halben Umgang um die

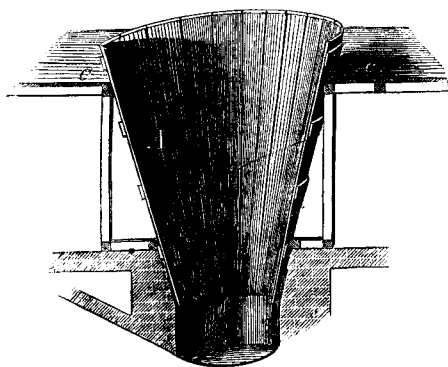
Fig. 131.



ganze Kessel wird so unter den Fußboden der Werkstätte aus Diehlen, Stein- oder Eisenplatten *c c* versenkt, daß das Mauerwerk des Sturzes nur noch als eine halbmännshohe Brüstung darüber hervorragt, vor welcher die Arbeiter stehen. —

Die Kessel sind hinreichend geräumig, um 240 Etr. fertige Seife fassen zu können. —

Fig. 132.



Sehr oft ist der Sturz *A*, wie in Fig. 132, nur eine Art Bortich ohne Boden, aus

Dauben zusammengefügt, welche unten in den Kesselrand wasserdicht eingelassen sind. Diese Einrichtung ist ebenso zweckmäßig und noch wohlfeiler. — Hier und da findet man anstatt des Rohrs mit Hahn *y*, zwischen Kessel und Sturz einen Heber eingelassen. Von dem Versuch, den Kessel mit einem zweiten als

Mantel zu umgeben und den Zwischenraum zur Dampfheizung zu benutzen, ist man wieder zurückgekommen, weil man lieber einigermaßen Gefahr des Anbrennens laufen, als den Vortheil eines stürmischen Auf siedens entbehren will. Dieses letztere ist wegen seiner mechanischen Wirkung, gleichsam als ein Rührapparat anzusehen und kann allein durch freies Feuer hervorgebracht werden.

Ein Sud — zu welchem gewöhnlich 120, 140 bis 160 Etr. Del genommen werden, durchläuft nacheinander 3 Perioden: das Vorsieden (empatage),

Die Marziller, das Aussalzen (relargage) und das Karsieden (coction), wozu bei der marmorirten Seife noch das Marmoriren (madrage) hinzukommt.

Das Vorsieden geschieht mit einer Lauge von 8 — 11^o, welche aus schwächerer und stärkerer Kochsalzfreier Lauge in den Kessel gemischt wird. Sobald sie den Siedepunkt erreicht hat, läßt man sämtliches Del auf einmal nachlaufen und sucht die Verbindung durch Umrühren zu befördern. Es entsteht eine emulsionartige, schmutzigweißliche Masse; erscheint diese zu dünnflüssig, was von einem Uebermaaß von Lauge herrührt, so sticht man noch Del hinzu; im Gegentheil, wenn Del ungebunden auf der Oberfläche schwimmt, sticht man Lauge nach. Nach einiger Zeit steigt die, durch das kalte Del gesunkene, Temperatur wieder bis zum Aufwallen und die Masse kommt in ruhiges Sieden, wobei sie nach und nach durch das Verdampfen des Wassers dickflüssiger und zäher wird. Diese erste Einwirkung des Dels und Alkali's kann nur dann hinreichend rasch und vollkommen erfolgen, wenn die Seife in der Lauge aufgelöst bleibt. Ein Ueberschuß von Lauge zu 8 — 11^o kann aber leicht das Gegentheil bewirken; alsdann muß man so lange ganz schwache Lauge zusteichen und umrühren, bis keine Ausscheidung mehr sichtbar ist. Es wird also auch während des Vorsiedens die Seifenmasse, insofern sie in der Lauge gelöst ist, unmittelbar mit der metallenen Kesselwand und dem Boden in Berührung sein. Daher kommt es denn, daß dieselbe, wenn sie nach einiger Zeit mehr Consistenz erlangt hat, leicht an dem Kesselboden anhängt, sich dort überhitzt und anbrennt. Dieses Anbrennen macht sich durch einen schwärzlichen Rauch (von den Provenzalen tabaco genannt) bemerklich, der hie und da mit dem Dampf entweicht und ein Zeichen ist, daß man schleunigst den Uebelstand durch Verminderung des Feuers und Zusteichen von einigen Eimern der stärksten Lauge verbessern muß. Dadurch wird ein schwaches Ausscheiden der Seife von der Lauge bewirkt und die Berührung der ersteren mit der Metallfläche unterbrochen. Bei dem gewöhnlichen Gange, wenn solche Zufälle nicht eintreten, siedet die Seife schaumig, bis zur Kesselbrüstung steigend, aber regelmäßig und sonst ruhig. Gegen Ende setzt man, wegen der künftigen Marmorirung, eine geeignete Menge (6 — 8 Pfd.) Eisenvitriol zu, welcher sogleich von der Lauge gefällt wird und theils Schwefeleisen, theils Eisen-seife bildet. Sobald die Seifenmasse vollkommen gleichförmig erscheint und die gehörige Consistenz hat, d. h. aus dem Zustand eines emulsionartigen Gemenges, mehr in den einer — freilich noch unvollkommenen — Seife übergegangen ist (prendre nature), löscht man das Feuer und schreitet zum Aussalzen.

Die Lauge, welche bis jetzt zugestoßen worden, hat nämlich ihr Alkali an das Del abgegeben und ist nur noch als Wasser — wovon erst ein kleiner Theil verdampft ist — in dem Kessel enthalten. Wollte man daher ohne weiteres fortfahren, so würde die stärkere Lauge, welche nunmehr erforderlich, sogleich von jenem Uebermaaß an Wasser ganz verdünnt werden und ihre Wirkung verfehlen. Man ist daher gezwungen, sich dieses Wassers zu entledigen, was aber nicht durch Einkochen, sondern mittelst Kochsalzes, oder vielmehr der schon erwähnten Kochsalzhaltigen Lauge geschieht. Während nämlich ein Arbeiter dieselbe nach und nach eimerweise auf die Seife gießt, ist ein anderer damit beschäftigt, beides durch Umrühren in die gehörige Berührung zu bringen, bis die Seife — in der Kochsalz-

lauge unlöslich geworden — anfängt zu gerinnen und sich in Flocken abzuschcheiden (rompre la pate). Nach 3 Stunden Ruhe hat sich die Seife soweit getrennt, daß man die unten befindliche Lauge (Unterlauge) ablassen kann. Sie muß dem Maaße nach doppelt soviel betragen, als die angewendete Menge Kochsalzlauge. — Von nun an, wo die Seife zum Behuf des Klarsiedens in einem Kessel zusammengeschöpft wird, läßt man die Seife mit der Lauge nur noch in Gegenwart von soviel Kochsalz kochen, daß sie deutlich ausgeschieden bleibt, denn im Gegentheil würde die nunmehr sehr zähe Masse unfehlbar anhängen. Nachdem das Feuer wieder in Gang gekommen, giebt man in jeden Kessel 1000 Maaß (872 Quart) eines Gemenges von reiner und Kochsalzhaltiger Lauge von 18 bis 20° und fährt fort zu kochen. Während dessen rühren die Arbeiter in dem Sud, besonders an der Oberfläche, theils um die weitere Aufnahme von Nagnatron zu beschleunigen, theils um das Uebersteigen zu verhüten. — Während das Nagnatron beim Vorkochen sehr rasch, auch zu Anfang des Klarsiedens noch lebhaft gebunden wird (le savon mange bien), so wird es doch nach der Hand immer schwerer und schwerer, der Seife das noch fehlende Natron einzuverleiben, je näher man zu Ende kommt. Das weitere Aufnehmen hängt nun hauptsächlich von der Concentration der Lauge (Kochsalzlösung) im Kessel ab; ist diese zu stark, so ist auch die Seife zu dicht und trocken. Um daher die richtige Beschaffenheit, d. i. das richtige Verhältniß in dem Wassergehalt der Seife und Lauge zu erhalten, ist es nöthig, den Kochsalzgehalt im Kessel eine gewisse Grenze nicht übersteigen zu lassen. Wenn daher nach hinreichendem Sieden der Nagnatrongehalt der Lauge an die Seife übergegangen ist, wenn die Lauge nicht mehr äßend erscheint, und auf der Zunge keine brennende Empfindung (den Stich, das Stechen) mehr hervorbringt, so läßt man dieselbe, soweit sie sich am Boden befindet, aus dem Kessel ab, um sie durch eine neue Portion (diesmal aber 1250 Maaß = 1090 Quart) derselben Laugenmischung zu ersetzen. — Der weitere Verlauf ist nun nichts weiter, als eine 4, 5 bis 6malige Wiederholung *) der nämlichen Maaßregel des Ablassens und Nachstechens, während dessen die Seife stets consistenter wird und der Alkaligehalt der Lauge stets langsamer verschwindet. Zuletzt ist dieses gar nicht mehr der Fall, die Lauge behält ihren vollen Stich und die Seife, nunmehr ihrer Vollendung und höchsten Consistenz nahe, fängt an, anstatt ruhig zu kochen, vielmehr heftig aufzupoltern. Kurz darauf sieht man die bisher noch schaumige Masse zu rundlichen Körnern zusammensinken. Die Seife ist im Kern und das Klarsieden beendet. Der Kern, mit dem Daumen in der hohlen Hand plattgedrückt, muß sich zu einer festen, zerbröckelbaren Platte ausbreiten und aufrücken. Der Delgeruch ist alsdann größtentheils geschwunden. Vom letzten Laugenzusatz an gerechnet verlaufen, je nach der Beschaffenheit des Dels und der Witterung, 10, 12, auch 18 Stunden, worauf man das Feuer auslöscht.

Bis dahin zeigt der Kern, vermöge des Eisen- und Schwefel-Gehaltes der

*) Wenn man ganz kochsalzfreie Soda, also auch Lauge hätte, was nie der Fall ist, so könnte man das Ablassen der Lauge ganz ersparen und mit einer und derselben Kochsalzmenge fertig kochen. So wie die Lauge in der Wirklichkeit sind, würde sich aber der Kochsalzgehalt bald auf eine schädliche Höhe vermehren.

Die Marzeiler, (venetianische) oder Baumölseife. Soda, sowie des zugefügten Eisenvitriols, eine gleichförmige Schieferfarbe, welche also aus Schwefeleisen und Eisenseife besteht. Diese letzteren sollen aber nicht gleich- und feinvertheilt bleiben, sondern adernartig als Marmorirung hervortreten. Es handelt sich aber vorerst darum, der Seife die hierzu geeignete Consistenz zu geben, welche bereits etwas überschritten ist und von der Stärke der Unterlauge abhängt. — Zu dem Ende bleibt der Inhalt des Kessels $\frac{1}{2}$ Stunde in Ruhe, bis sich die Unterlauge angesammelt hat, welche abgelassen wird. Es beginnt nun eine mühsame Operation: einige Arbeiter steigen auf quer über den Kessel gelegte Bretter, und bearbeiten die Masse mit Krücken, während andere in abgemessenen Zwischenräumen die Oberfläche mit schwacher Lauge besprengen. Die Bewegung der Rührer muß so ausgeführt werden, daß dadurch die am Boden befindlichen Seifentheile an die Oberfläche gehoben werden und umgekehrt, theils um alle Theile gleichmäßig mit Lauge zu tränken, theils um die färbenden Theile, die sich während der Ruhe mehr nach unten begeben haben, wieder der ganzen Masse gleichförmig einzuverleiben. Während dessen vereinigen und öffnen sich die rundlichen Körner (d. Kern) zu einer gleichmäßigen, zusammenhängenden zähen Masse. Sobald nun der Sudmeister an gewissen äußeren Merkmalen die richtige Consistenz der Masse erkennt, welche sehr von der Stärke der hineingearbeiteten Lauge abhängt, so läßt er dieselbe in die Formen überschöpfen, worin sie (bei obiger Quantität) nach 8 bis 10 Tagen zu marmorirter Seife erkaltet ist. An der Luft verändert sich die Farbe des Marmors, hellt auf, so daß ein isabellfarbiger Ueberzug über der blaulich marmorirten Masse entsteht.

Bei dem Erkalten scheidet sich am Boden der Form stets noch eine Schicht Lauge ab. Diese Formen sind hölzerne Kästen mit beweglichen Wänden, die leicht auseinandergenommen und leicht zusammengekleit werden können. Die erkaltete Seife wird vor dem Verkauf in kleine Balken, sogenannte Riegel zerschnitten. Nach Poutet geben im mittleren Durchschnitt 100 Th. Baumöl 155 bis 158 Th. Seife.

Beim Sieden der weißen Seife ist das anfängliche Verfahren im Ganzen dasselbe, bis auf den Zusatz von Eisenvitriol, welcher natürlich unterbleibt. Gegen Ende aber treten gewisse Abweichungen ein, welche eine Ausscheidung der zufällig gebildeten Eisenverbindungen und des Unreinen überhaupt durch Absitzen lassen bezwecken. Zu dem Ende muß die fertige Seife auf einen solchen Grad erweicht und flüssig gemacht werden, daß die Ueberwucht des spec. Gew. der Eisenverbindungen über das der Seifenmasse, sich geltend machen kann, welches Flüssigmachen theils durch Hineinarbeiten von Lauge, theils durch die Wärme geschieht. Nach hinreichender Ruhe ist die Seife rein und von der bekannten gelblich weißen Farbe, doch braucht man die Vorsicht, sie beim Uberschöpfen durch Siebe in die Form laufen zu lassen, um etwaige Unreinigkeiten zurückzuhalten. Nachdem alle weiße Seife ausgeschöpft ist, bleibt stets ein Antheil zurück, der durch den Absatz dunkel gefärbt ist. Er beträgt mehr als $\frac{1}{5}$ der ganzen Masse, und kann zum Marmoriren gebraucht werden.

Man sieht leicht, daß die französische Delseife zur Klasse der gefüllten Seifen gehört, also stets mit einem größeren Wassergehalt in die Form kommt, als dem Kern entspricht. Bei der marmorirten Delseife ist dieser Wasserüberschuß

bis auf einen bestimmten Grad beschränkt, der nicht überschritten werden kann, ohne daß sich die Marmorirung absetzt. Bei der weißen Seife dagegen liegt dieses ganz in der Willkür des Sudmeisters; er kann der Seife soviel Wasser einverleiben, als sie verträgt, ohne ihre Festigkeit zu verlieren.

Das ursprüngliche deutsche Verfahren, feste (Natron-) Seife aus Talg zu sieden, ist darum interessant und merkwürdig, weil dabei durch gewisse sinnreiche Kunstgriffe — welche aus sehr alten Erfahrungen entsprungen, von der neueren Theorie als wissenschaftlich wohl begründet befunden und erklärt wurden — möglich gemacht wird, selbst aus unreinem Material, nämlich rohem Talg und Aschenlauge, also sogar mit Kalilauge, eine nichtsdestoweniger sehr reine und vollkommen feste Kernseife zu erzeugen.

Talgseife, deutsche, nach alter Art.

Man siedet zuerst eine unvollkommene Kaliseife, welche im weiteren Verlaufe des Siedens zugleich in Natronseife verwandelt, und zugleich bis zur Sättigung mit Alkali versehen wird, worauf man die entstandene neutrale Natronseife zum Kern siedet.

Die Kennzeichen der fortschreitenden Seifenbildung, so wie sie den verschiedenen Zuständen entsprechen, sind hierbei so sicher, daß wenigstens früher Niemand daran dachte, mit vorher abgewogenen Verhältnissen zu arbeiten. Es genügte, je nach der Anzeige der Proben, die mangelhafte Beschaffenheit durch Zusatz von Fett oder Lauge zu verbessern, bis das richtige Ansehen eintrat.

Die Asche wird ganz so mit Kalk behandelt, wie bereits oben beschrieben worden, und das Sieden mit einem Einsatz von soviel Talg, als man nach dem Raume des Kessels verseifen (fortbringen) zu können glaubt, und mit Feuerlauge (20°) begonnen. Der geschmolzene Talg geht sogleich eine milchartige Mischung mit der Lauge ein, worin beide Bestandtheile, obgleich noch keineswegs in vollkommener chemischer Verbindung, dennoch nicht von einander unterschieden werden können. Bei fortgesetztem Sieden wird diese Masse, der Seifenleim, nach und nach durchscheinender, klarer und dickflüssiger, weshalb man mit dem Feuer wegen des Anbrennens vorsichtig zu Werke gehen muß. Der fertige, gare Leim ist eine höchst gleichförmige, schwachgefärbte, krystallhelle, durchsichtige Auflösung von Kaliseife in dem Wasser der zugesetzten Lauge (oder, wenn nicht alles Kali gebunden worden, in schwacher Lauge), ganz von dem Ansehen und Beschaffenheit eines dicken Zuckersyrups. Es versteht sich von selbst, daß diese Durchsichtigkeit nicht eintreten kann, so lange noch unverseiftes Fett vorhanden ist, welches sich dann in der Masse in feinen Tröpfchen zertheilt, und die Ursache des milchigen Ansehens ist. Eben diese Trübung giebt ein sicheres Kennzeichen ab, daß noch Feuerlauge zugesetzt und mit dem Sieden fortgefahren werden muß, doch ist es rathsam, um Täuschung zu vermeiden, einige Tropfen von dem Leim in reinem Regenwasser zu lösen. Es könnte nämlich das trübe Ansehen möglicher Weise auch von einem Uebermaße von Lauge, also von mangelhafter Auflösung, oder davon herrühren, daß die Seife, wie die Kunstsprache sich ausdrückt, übertrieben ist. In dem Wasser wird die Lauge verdünnt, wodurch die Uebertreibung unwirksam wird, und die wahre Beschaffenheit des Leimes zum Vorschein kommt. Enthält die Lauge freien Kalk, steht man zu hoch im Kalke, so kann die Trübung auch davon herrühren, verschwindet jedoch in diesem Falle durch Hinzufügen von etwas kohlen-

Talgseife. saurem Alkali. Wenn also die milchige Beschaffenheit in der Auflösung selbst dann noch bleibt, so ist ein Mangel an Alkali gewiß und ein weiteres Sieden nothwendig.

Das nachträgliche Zusetzen von Lauge bis zum Verschwinden des milchigen Ansehens wird das Abrichten, die dazu dienliche schwächere Lauge die Abrichtelauge genannt.

Wenn endlich der Seifenleim gehörig klar geworden, in einem zusammenhängenden Strahle (nicht in Tropfen) dick vom Spatel fließt, sich um denselben wickeln läßt und, auf einen kalten Stein gebracht, zu einer dichten Gallerte erstarrt, so schreitet man zum Aussalzen, d. h. man wirft Kochsalz in den Kessel (vorheriges Auflösen ist nicht nothwendig) und läßt dieses so lange mit dem Seifenleime sieden, bis es Zeit gewonnen hat, sich aufzulösen und auf denselben einzuwirken. Der Leim, in der Kochsalzhaltigen Flüssigkeit unlöslich geworden, gerinnt zu einer weißlichen, aus kleinen Flocken bestehenden Masse, welche dem gekochten Gries ähnlich sieht, und beim Herausnehmen mit dem Rührscheite die Salzlösung aus den Zwischenräumen gehen läßt. Nach einiger Ruhe setzt sich die Unterlauge daraus ab und kann aus dem Kessel abgelassen werden. Ist dieser nicht mit einem Ablassrohre und Hahne versehen, wie in den deutschen Seifensiedereien meistens, so schöpft man die Seife einstreilen in den nebenstehenden Külbottich und entfernt alsdann die Unterlauge. —

Der Zweck des Aussalzens ist mehrfach. Zunächst eine chemische Zersetzung des Leimes, denn Kaliseife und Chlornatrium tauschen ihre Bestandtheile aus und geben Natronseife und Chlorkalium. Dieses bewirkt mit dem überschüssigen Kochsalze die Ausscheidung der Natronseife und die Bildung der Unterlauge. Bei dieser Trennung werden, die überschüssige Lauge, alle fremden Salze aus der Asche und alle Unreinigkeiten — welche besonders aus der Einwirkung der Lauge auf die Membranen des rohen Talges entspringen — von der Unterlauge aufgenommen. Das Aussalzen ist mithin zu gleicher Zeit ein Auswaschen der Seife, wodurch diese selbst dann ganz rein erhalten werden kann, wenn es die Rohstoffe nicht waren.

Es ist schon darauf hingewiesen worden, daß man aus Asche — der fremden Salze wegen — keine starken Laugen erzeugen kann; diese sind in der That so verdünnt, daß schwerlich ein Kessel groß genug sein würde, um auf einmal so viel Flüssigkeit zu fassen, als der Menge Kali entspricht, welche zur Verseifung eines gewöhnlichen Talgeinsatzes gehört. Es hat daher das Aussalzen den weiteren, sehr wichtigen Zweck (ähnlich wie beim Sieden der Delfeife) die Seife von einer Wassermasse zu befreien, welche die späteren Laugenzufüge bis zur Unwirksamkeit verdünnen würde. — Noch verdient bemerkt zu werden, daß viele Seifensieder viel eher aussalzen, als der Leim die Gare hat. Wenn auch dadurch die Seife nicht verdorben wird, insofern dieselbe nachher ohnehin noch mit Alkali nachgesotten werden muß, also Gelegenheit findet, das Fehlende aufzunehmen; so ist dieses doch um deswillen nachtheilig, weil ein unvollkommener Leim sich auch nur unvollkommen aussalzt, schmierig bleibt und die Unterlauge — ganz dem Zwecke zuwider — zum großen Theile zurückhält.

Nach gehöriger Abscheidung der Unterlauge kommt die geronnene Seife mit

Abrichtelauge in den reingeschöpften Kessel zurück und wird zum Sieden erhitzt. Nach einiger Zeit löst sie sich in dieser schwächeren Lauge vollkommen wieder auf und bildet einen Leim, gerade so wie das erste Mal, nur mit dem Unterschiede, daß er nunmehr größtentheils aus Natronseife besteht. Während dessen, begünstigt durch die leimige Beschaffenheit, findet weitere Bindung von Kali Statt, welche man, durch Zugießen von Lauge, von Zeit zu Zeit zu befördern sucht. Man fährt also mit dem Abrichten fort, bis die Seife allmählig mit Alkali gesättigt ist. Ehe man diesen Punkt erreicht, ist ein wiederholtes Aussalzen und Abrichten nothwendig, und zwar um so öfter, je unreiner die Materialien und je schwächer die Lauge waren. Früher, wo man meist rohen Talg anwendete, reichte man kaum mit fünfmaligen Umsieden und Aussalzen aus; sonst ist eine zweimalige Operation hinreichend. Der Seifensieder nennt dieses: auf einem, auf dem zweiten, auf dem fünften Wasser *z.* gesotten. Das Sieden auf dem zweiten, dritten Wasser geht gerade wie das des ersten Wassers vor sich, nur daß man weniger Kochsalz nöthig hat, weil natürlich später nie mehr so viel Kaliseife zu zersetzen ist, wie im Anfange. —

Nach dem letzten Wasser, welches also das zweite bis sechste sein kann, oder allgemein, wenn die ausgesalzene Seife gehörig rein und fest ist, wird dieselbe klar gesotten, d. h. auf den richtigen Wassergehalt gebracht. — Es treten dann dieselben Erscheinungen ein, wie sie bereits beschrieben worden, indem die Kochsalzlösung, durch das fortwährende Einkochen mehr und mehr concentrirt, der Seife mehr Wasser entzieht. Diese siedet zuerst weich, schaumig in kleinen Blasen, hochaufsteigend, oder, wie man sagt, *zack*, bis später die schaumige Oberfläche große glänzende Blasen bildet, die Erscheinung des Siedens in Platten eintritt und das Pfeifen unter der Bretterbedeckung des Kessels deutlich vernehmbar wird. Endlich, wenn der Schaum zusammensinkt, die Seife aufpoltert und im Kern siedet, wenn beim Drücken mit dem Daumen (dem Drucknehmen) ein zusammenhängender, sich biegender, glänzender Span entsteht, der weder spröde (*strogig*) noch schmierig ist, wenn die Lauge keinen Stich (brennenden, ägenden Alkaligeschmack) mehr hat, oder doch nur schwach *»an fällt«*, so läßt man das Feuer ausgehen und schöpft die Seife von der Unterlauge weg zum Verköhlen in die *»Kühlbütte«* *). Von da wird die noch flüssige Masse in die bereitstehende Form übertragen, über deren Boden eine Leinwand gebreitet wird, um der Lauge, die sich noch abscheidet, das Abziehen zu erleichtern. Um die Vereinigung des Kernes zu einer zusammenhängenden Seifenmasse und das Ausfickern der Unterlauge zu befördern, ist es nothwendig, die Seife vor dem völligen Erstarren mit einem eisernen Stabe umzurühren (zu *kerben*, zu *schlagen*). Dadurch, daß man dieses mit einer gewissen Regelmäßigkeit und nach gewissen Richtungen ausführt, entstehen in der Marmorirung — welche sich bei

*) In den deutschen Werkstätten ist der Kessel in der Regel nicht mit einem Ablassrohre versehen. Soll die Unterlauge entfernt werden, so schöpft man die Seife so lange aus dem Kessel in einen nebenstehenden Bottich, die Kühlbütte, bis jener entleert ist. Diese Kühlbütte ist so neben den Kessel gestellt, daß die Seife beim etwaigen Ueberfließen durch einen Randeinschnitt in jene, und nicht auf den Boden, abfließt.

Salzseife. der deutschen Kernseife von selbst, ohne weiteres Zut thun, ausbildet — dem entsprechenden Muster, Mandeln, Blumen zc. genannt.

Bei den Formen kommt es vorzugsweise darauf an, die Einrichtung so zu

Fig. 133.

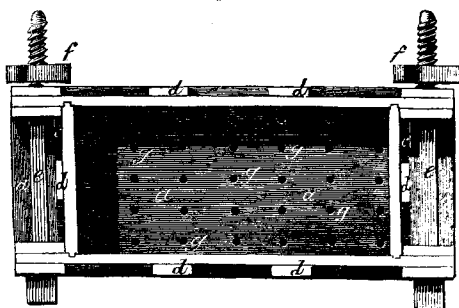


Fig. 134.

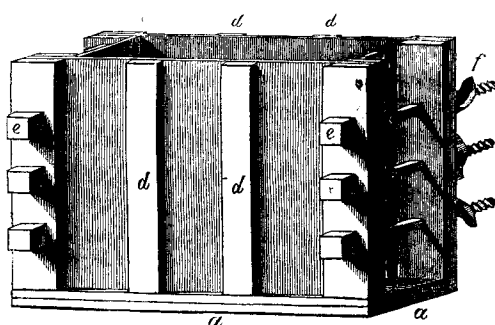
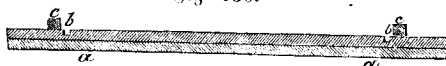


Fig. 135.



Fig. 136.



treffen, daß zugleich ein hinreichend dichter Schluß erfolgt, also keine Seife auslaufen kann, und die einzelnen Theile doch leicht und rasch können auseinandergenommen werden, so wie dies bei den in Deutschland gewöhnlichen Formen, Fig. 133, 134, 135 und 136 der Fall ist. Der Boden *a a*, dessen Breitan- sicht Fig. 135 und Längenschnitt Fig. 136 enthält, ist aus zwei Lagen Diehlen zusammengefügt. In der oberen sind ringsum 4 Nuten *b b* eingeschnitten, in welche die Wände mit ihren Falzen eingeschoben werden. Die beiden schmalen Wände stützen sich außerdem nach innen gegen die Leisten *c c*. Alle Wände sind durch die Stücke *d d* verstärkt. Wenn alle Theile aufgestellt sind, so hat man nur nöthig, die mit Schrauben versehenen Riegel *e e* in die vorspringenden Theile der Längswände — welche zu dem

Ende doppelt mit Backen verstärkt sind — einzuschieben und die Muttern *f f* anzuziehen, um das Ganze zu einem festen Kasten zu schließen. Wenn der Boden inwendig mit einem Tuche bedeckt wird, so kann durch dasselbe keine Seife, sondern nur die Unterlage durchdringen, um durch die Löcher *g g* abzuziehen.

Die deutschen Seifensieder unterscheiden das, was sich in der erstarrten Seife krystallinisch in der nichtkrystallinischen Grundmasse beim Marmoriren abscheidet, ebenfalls (vgl. S. 351.) durch »Kern und Fluß«, Ausdrücke, die häufig gegen einander verwechselt werden, so daß der Eine Kern nennt, was der Andere Fluß, und umgekehrt.

So wie es im Vorhergehenden beschrieben worden, heißt das Verfahren,

Talgkernseife zu machen, das Sieden auf Leim, insofern dabei zwischen und vor dem Ausfalzen die Masse immer vollständig (zu Leim) gelöst wird. Es hat dies allerdings den Vortheil, daß die Einwirkung der Lauge erleichtert wird, aber auch den großen Nachtheil, daß durch das leichte Anbrennen und das Durchsieden der Seife mit den vorhandenen Unreinigkeiten, leicht eine Mißfarbe und ein übler Geruch entsteht. Dem begegnen viele Seifensieder durch das sogenannte »Sieden auf den Kern«, wobei stets mit der Lauge etwas Salz in den Kessel gegeben wird, also die Seife keinen wahren Leim bildet, sondern schwach von der Lauge, die alsdann gut kaustisch sein muß, getrennt bleibt und somit weder anbrennen, noch mit dem Schmutze zusammensieden kann. Wenn die Seife zu zack siedet, so fügt man noch Salz, wenn zu spröde oder aufpolternd, schwache Lauge hinzu, um in der richtigen Mitte zwischen einem völligen Ausfalzen und der leimigen Beschaffenheit zu bleiben.

Die nichtmarmorirte, glattweiße Seife, welche an vielen Orten mehr an der Tagesordnung ist, als die marmorirte, wird in der Hauptsache nach demselben Verfahren gesotten; anstatt aber das Gefärbte, den Fluß, wie in Frankreich durch Abfärigenlassen zu entfernen, erhält man in Deutschland die weiße Talgseife dadurch, daß man einfach die Auscheidung des Flusses in Adern und Gruppen durch rascheres Abkühlen zu verhindern sucht. Er bleibt alsdann in der Seife frei und gleichmäßig vertheilt und bewirkt dadurch einen Stich in's Graue. Natürlich bleiben alle Zusätze, welche man bei der marmorirten Seife hie und da anwendet, um den natürlichen Fluß durch künstlichen zu vermehren, in diesem Falle ganz weg.

Man erhält nach gemachten Erfahrungen aus 100 Pfd. Talg 150 Pfd. bis 155 Pfd. vollkommene Kernseife, frisch vom Schnitte weg gewogen, und wenn andere Seifensieder mehr, sogar 200 Pfd., erhielten, so liegt dies darin, daß sie durch die Concurrenz mit schlechteren Sorten gezwungen sind, ihre Kernseife zu schleifen. Eine wirkliche Kernseife wird in der That jetzt selten verkauft, und was man so nennt, sind immer in geringem Grade geschliffene Seifen.

Gegenwärtig ist man von der Anwendung des rohen Talges, als einer unnöthigen und nutzlosen Erschwerung des Siedens, ganz zurückgekommen und wendet nur ausgelassenen an. Die Membranen, welche während des Siedens in Leim übergehen, zerfallen sich mit einem Antheile Kali, welcher alsdann erspart wird. Auch weiß man in guten Siedereien nichts mehr von dem berüchtigten Gestanke, welcher sonst, aus den Unreinigkeiten des Talges entwickelt, die Werkstätten und ihre Umgebung verpestete. Seitdem ferner der Holzmangel immer fühlbarer, also die reine Holzasche seltener geworden, seitdem die Sodage Gewinnung aus Kochsalz einen so großen Aufschwung genommen hat, und der Seehandel die fremdländischen Fette, das Palm- und Cocosöl, meist zu demselben und oft geringeren Preisen, als die des Talges, liefert, ist das ursprüngliche Verfahren, Talg mit Aschenlauge zu versieden, immer mehr in den Hintergrund getreten und droht, gänzlich in Vergessenheit zu gerathen.

Es ist nicht schwer einzusehen, daß das Sieden des Talges mit einer Lauge aus Potasche ungleich mehr Sicherheit und einen viel rascheren Erfolg gewähren muß, weil man weder gezwungen ist, so schwache Lauge zu machen, noch so un-

Talgseife. gewiß über den wirklichen Alkaligehalt, wie bei der Asche wegen ihres großen Gehaltes an fremden Salzen bleibt. Wenn nun auch reine Potasche zu hoch im Preise steht, um für sich gebraucht werden zu können, so gewährt doch die Anwendung einer Lauge aus Asche, mit Zusatz von Potasche, schon dadurch großen Vorschub, daß größere Talgeinsätze können in Arbeit genommen werden. Das Sieden geschieht gerade so, wie mit Aschenlauge, nur daß man weniger oft aus-
salzen muß. Noch leichter, rascher und bequemer ist der Sud mit

Alkalauge aus Sodasalz, wobei ein Ansatz von 8 bis 10 Etr. Talg ohne besondere Schwierigkeiten auf einem Wasser fertig gemacht werden kann. Auch hat man weniger Kochsalz nöthig, theils weil die calcinirte Soda in der Regel etwas von diesem Salze enthält, theils weil diejenige Menge, welche in den vorhergehenden Fällen zur chemischen Zersetzung der Kaliseife aufging, nunmehr gewonnen wird. Eine andere nicht ganz verschwindende Ersparniß entspringt aus dem geringeren Aequivalente des Natrons, also daraus, daß 2 Th. Natronhydrat ebenso viel fette Säuren zu binden vermögen, als 3 Th. Kalihydrat. Alle unmittelbar aus Natronlauge gesottenen Seifen (also nicht alle, welche Natron enthalten) heißen (in Deutschland) schlechtweg „Sodaseifen“. — Die weiße Talgseife der Engländer, besonders die berühmte Windsorseife, sind solche Sodaseifen, welche nicht selten aus der Soda der Seepflanzen gesotten werden.

Cocosnußölseife.

Das Cocosnußöl, seit 1829 oder 1830 zuerst in Masse in Deutschland eingeführt, ist seitdem rasch in Aufnahme gekommen. So wie sein Ursprung und seine Zusammensetzung, so ist auch sein Verhalten bei der Verseifung eigenthümlich, und verschieden von Talg und Del. Die Erfahrung hat gelehrt, daß Cocosnußölseife nur mit ganz concentrirten Kochsalzlösungen vollkommen ausgesalzen werden kann. Schwächere Kochsalzlösungen, worin die Cocosnußölseife ziemlich löslich ist *), wirken dagegen sehr mangelhaft. Da eine solche Seife mithin nur mit einem übertriebenen Aufwande von Kochsalz kann ausgesalzen werden und dann mit einem entsprechend geringen Wassergehalte, d. h. so außerordentlich hart abgeschieden wird, daß sie nicht zerschnitten werden kann, so muß man auf die Anwendung dieses Mittels im Großen gänzlich verzichten. Aus demselben Grunde würde ein eigentliches Klarsieden zum Kerne bei der Cocosnußölseife ganz und gar zweckwidrig und sehr schwierig sein. Während ferner Talg z. B., mit ganz starken Laugen behandelt, obenauf schwimmt und alsdann kaum oder gar nicht verseift werden kann, so findet bei Cocosnußöl gerade das Gegentheil Statt. Es bildet nicht gern jenes milchartige Gemisch mit schwachen Laugen, wodurch sonst die Verseifung eingeleitet wird, sondern schwimmt als klares Fett obenauf; erst wenn durch fortgesetztes Sieden die Lauge eine bestimmte Stärke erreicht hat, tritt die Verseifung fast plötzlich ein und verläuft ungemein rasch. Darum bedienen sich die Seifensieder nur starker Sodalaugen, und zwar solcher von wenigstens 20°, und ersetzen die Reinigung der Seife durch Ausfalzen in der Art, daß sie nur möglichst reine und ganz ägende Laugen verwenden, und einen Ueberschuß

*) Höchst wahrscheinlich ist die *marin-soap* der Engländer — eine besondere Seife, womit in Seewasser soll gewaschen werden können, während gewöhnliche Seifen davon nicht gelöst werden — eine Cocosölseife.

so viel wie möglich vermeiden. Keine Cocosnußölseife erhärtet immer viel zu rasch, um eine deutliche Ausbildung von Kern und Fluß zu zeigen, ist deshalb einer natürlichen Marmorirung nicht fähig; sie ist sehr weiß, alabasterartig durchscheinend, vorzüglich leicht und gut schäumend, aber von einem unangenehmen Geruche. Es ist bis jetzt kein Mittel bekannt geworden, um der Seife denselben zu benehmen; doch scheinen manche Seifensieder im Besitze eines solchen zu sein. Ein sehr wichtiger Umstand ist die Fähigkeit der Cocosnußölseife, unbeschadet ihrer Consistenz, ungleich mehr Wasser in sich aufzunehmen, als Talgseife irgend fähig ist. Sie ist mithin in viel höherem Grade zum Schleifen und Füllen geeignet, eine Eigenschaft, welche einem unrechtlichen Betriebe und Handel nicht wenig Vorschub leistet. An und für sich giebt das Cocosnußöl keine höhere Ausbeute an wirklicher Seife, als der Talg; dieselbe kann jedoch leicht um $\frac{1}{3}$ und mehr durch Wasser oder Lauge vermehrt werden. Auf gleiche Art behandelt, oder mit demselben Wassergehalte, würde die gewöhnliche Seife so weich sein, daß man mit Leichtigkeit den Daumen hineindrücken könnte, während die Cocosseife weder durch mangelhaften Zusammenhang ihrer Theile, noch durch Weichheit, oder ihr Ansehen überhaupt, ihre trügerische Beschaffenheit verräth.

Auffallend und nicht ganz erklärt ist die Beobachtung der Seifensieder, wonach Cocosöl um so schwieriger verseifbar wird, je weiter seine ranzige Beschaffenheit gediehen ist.

In der Regel wird das Cocosöl als Zusatz (zu Talg etc.) und nicht für sich verseift, um daraus schnell erhärtende oder sehr wasserhaltige Seifen zu erzeugen, welche aus bloßem Talg nicht herzustellen sind. Es ist sogar möglich, mittelst Cocosnußöl und Talg, ohne alles Sieden, durch bloße Erwärmung bis zum Schmelzen des Fettes, mit starken Laugen und durch fleißiges Umrühren, eine Seife in wenigen Stunden, ohne Salz und beinahe ohne Feuer, in sehr großen Massen herzustellen; eine solche gerührte Seife ist zwar von ziemlich gutem Ansehen, gesteht auch in der Form, so daß sie zerschnitten werden kann, und zwar — da die Verdunstung im Kessel sehr gering ist, fast mit dem ganzen Wassergehalte der Lauge — enthält aber auch alle fremden Salze und ist frisch, weniger eine feste Seife, als vielmehr ein sehr steifer Brei, welcher leicht tiefe Eindrücke mit dem Daumen annimmt und, zwischen den Fingern zerquetscht, schmierig wird. Nur nach längerem Austrocknen, wobei starke Auswitterung von fremden Salzen stattfindet, erhält sie die Consistenz gewöhnlicher Seife. —

Je geringer der Zusatz von Cocosöl bei einer Seife, desto mehr verschwindet der Geruch desselben, um so schwieriger ist aber auch das Sieden jener wohlfeilen, schnell erhärtenden Seifen, welche mit einem übertriebenen Wassergehalte das Ansehen gewöhnlicher richtiger Talgseifen verbinden. Bei gleichen Theilen Cocosöl und Talg z. B. ist der Geruch von dem der Talgseife nicht mehr verschieden. Man siedet so lange, bis eine Probe, unter dem Daumen gedrückt, die gehörige Consistenz zeigt. Unter denselben Umständen würde der Talg gar nicht verseifbar sein, aber die Verseifung beginnt mit dem Cocosöle, welches gleichsam zum Einleiten des Vorganges dient, worauf dann die des Talges leicht durch die bereits gebildete Cocosseife vermittelt wird. Sehr häufig sind die verschiedenen Cocosseifen, welche also unter die gefüllten Seifen gehören, künstlich marmo-

Cocosnußölseife.

virt. Eine solche Marmorirung beruht nicht auf Bildung von Kern und Fluß, und ist nur ein ganz einfaches mechanisches Färben, welches in folgender Weise geschieht: Man rührt die blaue oder rothe Farbe (Bolus z. B.) in einen zurückgebliebenen Antheil der Seife, oder besser in etwas besonders vorhandene reine Cocoseife, so daß eine gleichmäßig blaue oder rothe Masse entsteht. Diese schöpft man nun abwechselnd mit der ungefärbten so in die Form, daß Schichten von ungleicher Dicke entstehen, welche durch Umrühren zc. leicht gestammt und geadert werden können. Es versteht sich von selbst, daß einer Marmorirung der Art nicht die Bedeutung der natürlichen, wie bei der andern Seife, unterlegt werden kann.

Palmölseife.

Die Palmölseife wird fast ganz so gesotten, wie Talgseife mit Sodalauge. Sie ist von einem starken, aber angenehmen Geruche und gelber Farbe, wenn das Del ungebleicht, dagegen schwach riechend und weiß, wenn es gebleicht war. Das Palmöl wird am häufigsten als Zusatz zur folgenden, der

Harzseife.

Harzseife, gebraucht. Das Kolophonium verbindet sich bei der Siedehitze, wo es vollkommen flüssig ist, leicht und viel rascher als die Fette mit den Alkalien. Diese Verbindung, oder uneigentliche Verseifung, gelingt fast ebenso leicht mit kohlensaurem, als mit ägendem Natron, und erheischt weder besondere Umstände, noch Vorsichtsmaassregeln. Die Seife scheidet sich bei Ueberschuß von kohlensaurem Salz, oder bei Gegenwart von Kochsalz, an der Oberfläche als eine weiche, dicke, schleimige, braune Masse ab, welche stark nach Harz riecht und 15,8 % trockenes Natron enthält. Der Wassergehalt dieser Seife, obgleich nicht mehr als 27—30 % betragend, ist nichtsdessenweniger hinreichend, dieselbe schmierig und dickflüssig zu machen, eine Beschaffenheit, welche bei längerem Liegen an der Luft nicht verschwindet. Die Anziehung der Seife zum Wasser ist nämlich so groß, daß sie nicht allein ihr Wasser nicht verliert, sondern sogar zerfließt, wenn sie künstlich zu einer harten Masse ausgetrocknet war. Ein Theil des Harzes scheint indessen in verändertem Zustande in der Unterlauge gelöst zu bleiben, wie man aus der starken braunen Färbung schließen muß. — So wenig die Harzseife demnach für sich brauchbar ist, ein so treffliches und vollkommen festes Product entsteht aus der Verbindung derselben mit Talg- oder Palmölseife in einem gewissen Verhältnisse. Das Harz darf nämlich nicht mehr als $\frac{1}{3}$ des Fettes betragen; schon bei gleichen Theilen macht das Harz seine Eigenschaften geltend, und es entsteht eine schlechte, zu weiche Seife. — Das beste Verfahren besteht darin, beides, Harz und Fett, für sich zu verseifen, die Harzseife alsdann mit der Fettseife im Kessel zu vereinigen, darin eine Zeitlang durchzusieden, bis Alles gleichförmig geworden, und dann das Gemenge auszusalzen, und in die Form zu bringen. Die beiden Seifen erst in der Form zu vermengen, wie auch wohl geschieht, ist weniger rathsam. In England und Amerika, woher die Harzseife stammt, pflegt man der Fett- (Palmöl-) Seife das Harz mit dem letzten Laugenzusatz, also noch vor dem Ende des Sudes, als grobes Pulver zuzusetzen, und dann das Gemenge so lange mit dem nöthigen weiteren Laugenzusatz durchzusieden, bis alles Harz gebunden ist. Man erkennt diesen Zustand daran, daß, bei gehöriger Consistenz, eine erkaltete Probe beim Waschen der Hände keinen harzartigen Ueberzug mehr zurückläßt. Der Sud endigt damit, daß man die fertige, von der Unterlauge getrennte Seife so weit mit schwacher Lauge schleift, daß

sich die Unreinigkeiten — woran das käufliche Kolophon sehr reich ist — absegen können, und alsdann vorsichtig in die Form schöpft. Die Harzseife hat eine in's Bräunliche fallende, bei Anwendung von Palmöl — was natürlich nicht gebleicht zu werden braucht — eine dem gelben Wachs gleiche Farbe, ist vollkommen fest, etwas rauh anzufühlen, stark durchscheinend. Sie schäumt sehr gut, behält aber stets den Geruch nach Harz. Wegen des geringes Preises des Harzes ist eine solche Seife ein wohlfeiles und — wenigstens für grobe Wäsche, wo man den Geruch nicht ansieht — sehr brauchbares Product. —

Was man im gewöhnlichen Leben Schmierseife nennt, ist im Grunde weniger eine Seife, als vielmehr eine mehr oder weniger unreine Auflösung von Kali-*Del*-Seife in Lauge, welche bei gewöhnlicher Temperatur eine durchsichtige, schmierige Gallerte bildet. Wollte man eine solche Seife ausfalten, so würde die weiche Kaliseife bei dieser Gelegenheit vom Kochsalze in eine feste Natronseife verwandelt werden, was man nicht beabsichtigt. Man muß also auf dieses Mittel der Reinigung verzichten und wendet, um eine solche entbehrlicher zu machen, niemals Aschenlauge, sondern die viel reinere Lauge aus Potasche an, welche nach der Stärke in verschiedenen Behältern zur Hand sein muß. Die geringhaltige oder »*Verbindungslauge*«, muß vollkommen kaustisch sein, was bei den stärkeren, den »*Sprenglaugen*«, weder möglich — insofern sie kalt bereitet — noch erwünscht ist. Die Erfahrung hat nämlich die Seifensieder gelehrt, daß das Sieden leichter ist, wenn diese Laugen noch etwas kohlen-sauer sind. — Unter den Delen verwendet man Hanf-, Lein-, Leindotter-, auch Mohnöl, welche zu den trocknenden gehören und bei 0° noch nicht erstarren; ferner die verschiedenen Rapsöle und Thrane, welche im Gegentheile nicht trocknen und bei 0° zum Theil erstarren. Die ersteren geben eine weichere, letztere eine festere Seife; man pflegt daher die Oele nach der Jahreszeit, für den Winter mehr trocknende und umgekehrt, zu vermischen, so wie es der Stand der Marktpreise gerade möglich macht.

Der Sud der Schmierseife beginnt mit der geringen Lauge von 9 — 11° bei mäßigem Feuer, wobei die Masse so lange erhalten wird, bis eine vollkommene Verbindung eingetreten ist, d. h. bis von dem Rührscheite eine kleberige, zähe Flüssigkeit in Fäden abläuft, welche glänzend aussehen muß und, wenn auch etwas trübe, doch nicht das Ansehen von einer durch Salz geschiedenen Seife besigen soll.

Sobald sich diese Beschaffenheit deutlich zu erkennen giebt, wird das Klarfieden, unter allmähligem Zusatz der stärkeren Lauge, eingeleitet. Man fährt mit diesem Zusatz in gleichmäßigen Zwischenräumen so lange fort, bis die Seife aus dem Zustande eines trüblichen unvollkommenen Gemenges, zu dem eines klaren, durchsichtigen Leimes übergegangen ist. Je nach Umständen, wenn z. B. bei zu großer Verdünntheit die Zähigkeit und Klarheit des Leimes zu lange ausbleibt, sucht man mit der stärksten Lauge nachzuhelfen. Mit dem Klarfieden ist zwar die chemische Verbindung der Bestandtheile vollendet, was man mittelst einer eigenthümlichen Probe erkennt — aber der Seife fehlt noch der richtige Wassergehalt, um verkäuflich zu sein. Diese Proben sind zwar empirisch, aber nichtsdestoweniger sehr scharf und dabei eigenthümlich. Der Seifensieder schließt nämlich

Schmierseife. aus der Anwesenheit und dem Umfange der Trübung in einem erkalteten Tropfen, ob die chemische Bindung erreicht ist und woran es fehlt. Wenn nämlich, wo möglich aus der Mitte des Kessels und frei von Schaum, mit dem Löffel eine Probe geholt und davon ein Tropfen, etwa von der Größe eines Groschenstückes, auf eine reine, ungefärbte (Spiegel-) Glasplatte gebracht wird, und dieser Tropfen erkaltet, so können mehrere Fälle eintreten: entweder bleibt der Tropfen ganz klar, in diesem Falle hat die Seife die richtige Gare; oder er zeigt nur an dem Umfange einen grauen Streifen, welches Mangel an Lauge beweist, und zwar einen größeren, wenn der Streifen breit, einen kleineren, wenn er schmal ist. Ist dieser Mangel ungewöhnlich groß, so ist dieser Streifen nicht allein sehr breit, sondern auch die Probe schmierig und flüssig. Das Gegentheil muß natürlich eintreten, wenn man den richtigen Zusatz an Lauge überschritten hat, wenn die Seife übertrieben ist. Dieses giebt sich leicht durch den Stich und durch eine graue Haut zu erkennen, welche die ganze Probe überzieht, anstatt nur einen Ring zu bilden. Die Seife verhält sich alsdann mit einem Worte ausgefallen; sie ist körnig, matt und schiebt sich naß von dem Glase herunter (glasig in der Kunstsprache). Von da an, wo die Seife anfängt, klar im Leime zu kochen, folglich während des Blätterns, und bis zu Ende, ist es gerathen, den Verlauf fortwährend durch Probenehmen zu verfolgen.

Das Blättern ist nämlich die Entfernung des überschüssigen Wassers durch Abdampfen, insofern aus schon erwähnten Gründen hier mit Aussätzen nicht beizukommen ist. Die Seife wird bei verstärktem Feuer im Steigen erhalten und das Entweichen des Dampfes dadurch befördert, daß man den Schaum fleißig mit dem Rührscheite peitscht (wehrt). Für einen raschen Erfas der feuchten Luft über dem Kessel durch trockene findet man selten in den Werkstätten gesorgt, so sehr auch dadurch Brennstoff erspart wird, und so leicht solche Einrichtungen auch anzubringen sind.

In dem Maße, als die Verdampfung fortschreitet, wird die Seifenmasse natürlich dickflüssiger, dunkler an Farben und weniger geneigt, Schaum zu bilden. Zuletzt vermindert sich der Schaum so sehr, daß sich die Seife senkt und die Blasen so sehr an Größe zunehmen, daß sie in förmliche Platten übergehen, welche sich an der Oberfläche unter- und übereinanderschieben. Dieses ist, was der Seifensieder das „Blättern“ nennt; von dem dabei entstehenden Geräusche sagt derselbe „die Seife spricht“. In diesem Zeitpunkte ist die Seife zwar eigentlich fertig, doch hütet man sich, eher auszuschöpfen, als bis man eine nochmalige Probe genommen hat. Erst, wenn diese gar keinen trüben Ring mehr zeigt, oder wenn derselbe nur nach längerem Erkalten schmal und scharf zum Vorschein kommt, kann man sicher sein, daß die Verhältnisse im Kessel richtig stehen. Es gehört indessen zur richtigen Würdigung dieser Probe einige Erfahrung, weil nach allzulänglichem Stehenlassen, durch die Einwirkung der Luftfeuchtigkeit auf so geringe Seifenmenge, Erscheinungen hervorgerufen werden, welche keine ähnliche Schlüsse mehr zulassen, wie die beschriebenen. So z. B. wächst jener Ring allmählig über die ganze Probe weg, um endlich, noch später, wieder von selbst zu verschwinden. Immerhin muß die Masse nach dem völligen Erkalten dick, aber nicht flüssig sein.

Sobald die Proben genügen, wird das Feuer gelöscht, die Seife zum Abkühlen noch einige Zeit in dem Kessel gelassen und dann in kleine Fässer zum Versenden geschöpft. Die Schmierseife.

Zur Schmierseife für den Winter, welche sonst leicht dick oder knollig wird, ist es zweckmäßiger, bei dem Karsieden mehr starke Lauge, also von derjenigen anzuwenden, welche noch einen Antheil kohlensaures Kali enthält.

In Rußland siedet man die Schmierseife nach Kurrer vom Anfange bis zu Ende mit einer und derselben Lauge, welche $\frac{3}{4}$ äzendes und $\frac{1}{4}$ kohlensaures Kali enthält. Man setzt die Hälfte dieser Lauge, welche auf 10° B. gebracht wird, zu dem Lein-, Raps- oder Hanf-Dele im Kessel. Die andere Hälfte befindet sich in einem seitwärts von dem Kessel angebrachten Gefäße mit einem Hahne, und man läßt sie daraus, während des weiteren Siedens ununterbrochen, aber in einem so dünnen Strahle nachlaufen, daß die Seife dadurch nicht aus dem Kochen kommt. Wenn die Seife als klarer Leim vom Rührseite läuft und sich zwischen den Fingern ziehen läßt, also einen gewissen Grad von Zähigkeit erlangt hat, so wird dieselbe als fertig betrachtet. Dieses Verfahren, welches immer unsicher ist und kein sehr gleichmäßiges Product liefern kann, ist wohl nur für solche Gegenden zu empfehlen, wo es so sehr an geschickten Händen fehlt, wie in Rußland.

Einige Dele, wie z. B. das Hanföl, geben der Schmierseife von Natur eine schön grüne Färbung, welche sehr beliebt, und dadurch gleichsam nothwendig geworden ist. Man sucht deswegen den übrigen Seifen, welche gelb sind, diese Färbung durch Zusatz von etwas Indig zu ertheilen. Da sich aber der Indig weder in Seife, noch in Lauge auflöst, so ist es nothwendig, denselben sehr fein zu pulvern; aber selbst dann noch hat das gleichmäßige Färben damit seine Schwierigkeiten, weil das Indigpulver schwer benetzbar ist und sich leicht absetzt. Das gewöhnliche Verfahren besteht darin, daß man den fein gemahlenden Indig eine Zeitlang mit etwas Wasser sieden läßt, bis er gleichmäßig benetzt ist, und ihn dann der Seife zusetzt; oder, daß man eine Auflösung von Indig in Vitriolöl mit Kalk fällt und den Niederschlag als Färbungsmittel benutzt. Auch das Schwarzfärben der Schmierseife ist gebräuchlich und wird durch tintenartige Flüssigkeiten, nämlich durch Abkochung von Galläpfeln, welche man mit einer Lösung von Eisenvitriol versetzt, hervorgebracht.

Zuweilen giebt man der Schmierseife durch Zusatz von etwas Talg zu dem Dele ein sogenanntes Korn. Die Seife behält alsdann ihre Beschaffenheit, zeigt aber feinkörnige Ausscheidungen oder Krystallisationen wahrscheinlich von stearinsäuren oder margarinsäuren Salzen. Es gelingt dieses Korngeben nur bei gewissen Wärmegraden, ungefähr zwischen 9° und 15°, also nicht in der wärmeren Jahreszeit, und ist eine bloße Gewohnheit, die keinem nützlichen Zwecke entspricht. Man hat dieses überflüssige Verfahren sogar auf eine der Güte der Seife zuwiderlaufende Weise nachzuahmen gesucht. So z. B. vermittelt gelöschten Kalkes, wobei eine Kalkseife entsteht, oder gar durch Einmengen von Stärke ic.

Alle Schmierseifen reagiren stark alkalisch und besitzen einen durchdringenden, widrigen Geruch, der indeß nach der Natur des benutzten Fettes sehr verschied-

Die Schmierseife.

denartig sein kann. Am stärksten tritt dieser bei den Thranseifen hervor und rührt alsdann, wie aus dem Seite 90 Angeführten hervorgeht, von dem delphin-sauren und phocensauren Kali her, welche sich bei der Verseifung bilden.

Die Schmierseife wird zwar auch im gewöhnlichen Leben zum Reinigen der gröberen Wäsche und dergleichen benutzt, ist aber hauptsächlich als unentbehrliches und ausgezeichnetes Reinigungsmittel in den Leinwand-Bleichereien von Wichtigkeit.

Man sieht leicht, welcher wichtige Unterschied zwischen den Schmierseifen und den gewöhnlichen Seifen liegt, indem die Natur der ersteren eine Beseitigung der fremden Stoffe, der überschüssigen Lauge und Unreinigkeiten, welche bei den andern Seifen so einfach und vollkommen durch das Ausfalzen erreicht werden kann, ganz und gar unmöglich macht. Die Schmierseifen sind folglich mit allem derartigen behaftet, so weit es nicht durch die Geschicklichkeit des Seifensieders von vorn herein abgehalten wird. Auch ist bei denselben eine ähnliche Gewähr für einen bestimmten Wassergehalt, wie bei den sogenannten Kernseifen, um so weniger zu erwarten, als sie viel hygroskopischer, d. i. viel abhängiger von dem Feuchtigkeits-Zustande der Luft sind. Die Schmierseifen trocknen nämlich darin, selbst nach längerem Aufenthalt, niemals zu einer festen Masse aus.

Der Kampf des soliden, auf rechtmäßigen Erwerb gegründeten Betriebes mit den oft prahlerisch angekündigten, auf bloßer Täuschung (zuweilen aus Unkunde, oft aus Absicht) beruhenden Erzeugnissen einer leichtfertigen Industrie; dieser Kampf, der neben manchen anderen Gewerben auch besonders die Seifensiederei in der jetzigen Zeit niederdrückt, hat zu einigen hierhergehörigen Erfindungen Veranlassung gegeben, welche nicht sowohl als Beweise des nützlichen Fortschrittes, sondern vielmehr als Beispiele des Irrweges eine nähere Erörterung verdienen, in welchen sich dieser wichtige Zweig verwickelt hat. Dahin gehört zunächst

Knochenseife.

Die sogenannte Knochenseife, worunter man ein Gemenge von irgend einer gewöhnlichen Seife, z. B. Talg-, Harz-, Palmölseife, mit durch Aetzlauge aufgelockerter, gelöster und zum Theil zersehter thierischer Gallerte oder Knochen versteht; solche Gemenge sind immer so behandelt, daß sie feste Seifen bilden. Was die Seifen aus Knochen (welche im Durchschnitte aus 56 bis 60 % erdigen Theilen und 40 bis 44 % thierischer Materie bestehen) betrifft, so sind zwei Wege ihrer Bereitung bekannt geworden. Nach dem einen behandelt man die Knochen, die ganz bleiben können, mit concentrirter Salzsäure, welche den phosphorsauren und kohlensauren Kalk auflöst, hingegen die thierische Gallerte, als eine stark durchscheinende Masse, von der Gestalt der Knochen, zurückläßt. Sie werden durch wiederholtes Waschen von der Salzsäure vollkommen befreit und dann bei der Verseifung eines der genannten Fette zugefetzt. Viel gewöhnlicher bedient man sich des andern Weges, welcher ein unter dem Namen »Liverpool-Armenseife« jetzt häufig angebotenes Product von noch geringerem wirklichen Werthe, als das vorige, liefert. Der Unterschied liegt darin, daß der Seife die ganze Masse der Knochen und nicht bloß die Gallerte, einver-

leicht wird. Zu dem Ende erweicht man die vorher zerschlagenen Knochen mit starker Aetzlauge durch Uebergießen in einem eisernen Gefäße. Die Wirkung ist die umgekehrte, wie im vorherigen Falle: die Lauge löst die Gallerte auf und läßt die erdigen Theile als ein Pulver zurück, so daß nach 14 Tagen bis 3 Wochen, in der Wärme noch schneller, die Knochen vollkommen mürbe und zerreiblich sind. Man läßt nun das feingeriebene Gemeng eine Stunde lang in dem Kessel kochen, um mit dieser ätzenden Flüssigkeit das Fett, z. B. das Cocosnußöl, gerade so zu verseifen, wie mit gewöhnlicher Lauge. Während des Siedens wird die Gallerte theils als Leim in der Flüssigkeit aufgelöst, zum Theil, unter Entwicklung von Ammoniak, zersetzt. Diese Zersetzung ist für den Zweck des Kochens vollkommen gleichgültig, weil es sich hierbei ganz allein darum handelt, einer gewöhnlichen, eigentlichen Seife so viel von einer Substanz (gleichviel ob und wie weit diese zersetzt wird), wie die Knochen oder deren Gallerte, zuzusetzen, (einer Substanz, die beträchtlich wohlfeiler ist als die Fette) als thunlich ist, ohne daß die Seife aufhört, fest zu sein und bei dem Gebrauche gut zu schäumen.

Eine solche Knochenseife zeigt nichts von dem, was man Kern und Fluß nennt, erscheint auf dem Schnitte von dunkelbrauner Farbe, aber nicht durchscheinend wie die Harzseife. Sie ist von einem höchst widerwärtigen, durchdringenden Leimgeruche, löst sich (bis auf die erdigen Theile) und zwar sehr leicht in heißem Wasser, und schäumt gut. Wird aber eine solche Lösung mit einer hinreichenden Menge von reinem Kochsalz versetzt, so wird nur die eigentliche Fettseife mit der gewöhnlichen Farbe abgeschieden, während alle leimigen Theile in der dunkelbraunen, gefärbten Unterlauge theils gelöst, theils als flockiger Niederschlag zurückbleiben. Es geht daraus hervor, daß man eine solche Seife nicht durch Ausfällen darstellen kann, und warum sie am leichtesten aus Cocosnußöl erzeugt wird. —

Die englischen Patentträger pflegen das Aufweichen der Knochen in der Lauge durch Zermalmen zwischen Reibungswalzen zu unterstützen.

Ganz in ähnlicher Weise hat man Patente auf die sogenannte Verseifung von Eingeweiden der Schlachtthiere und ähnlichen Abfällen überhaupt, z. B. Häuten, Sehnen, Klauen etc. genommen. Auch hat man wohlfeile Fische jeder Art als Material für eine ähnliche Seifensiederei angepriesen; bei diesen ist zu berücksichtigen, daß der natürliche Fettgehalt der Seife zu Gute kommt. Uebrigens sind derartige Seifen schon viel länger bekannt, als die darauf bezüglichen Patente, wodurch sie neuerdings in Anregung gebracht wurden; denn schon Hermbstädt erwähnt jener Seife aus Fischen und einer ähnlichen, aus abgänger Scherwolle.

Eine andere Klasse dieser Erfindungen bilden die Seifen, welche gewisse reinigende Mineralstoffe, wie z. B. Kiesel- oder Talkerde u. dgl., eingemengt enthalten. Natürlich erleidet die Festigkeit einer Seife durch Einmischung dieser übrigens rein mechanisch wirkenden Mittel, welche nichts weniger als chemisch damit verbunden sind, keinen Abbruch; der Werth (Preis) dagegen eine beträchtliche Verminderung, insofern ein großer Theil der wahren Seife durch ein

Bimsstein-,
Sand- und
Kieselseife.

Bimsstein-,
Sand- und
Kieselseife.

Mittel von ähnlicher, aber schwächerer Wirkung, ersetzt wird, dessen Preis im Verhältniß zu dem der Fette kaum in Betracht kommt. Zwei derartige Producte, welche in dem Handel unter dem Namen Sandseife (Sand-soap) und Bimssteinseife (Savon-ponce), die erste englischen, die zweite französischen Ursprungs, vorkommen, sind von Kar marsch untersucht worden. Nach dem Auflösen in Weingeist hinterließ die Sandseife 74,4 pCt. eines Sandes von dem Korne des gewöhnlichen Streusandes. Drei Sorten Bimssteinseife gaben bei derselben Behandlung nach einander: die erste 19,7, die zweite 22,9 und die dritte 26,2 pCt. eines weißen oder röthlichweißen, scharfen Pulvers, welches entweder, aus der Benennung zu schließen, gemahlener und geschlämmter Bimsstein, oder vielleicht auch Quarzmehl (Feuersteinmehl) überhaupt gewesen ist.

Etwas abweichend davon ist die Art, wie Sheridan und später Dunn die Kiesel Erde der Seife einverleiben. Diese erzeugen nämlich durch Kochen von gewöhnlichem Feuersteine — der zuerst durch Glühen und Ablöschen mürbe gemacht, und dann naß gemahlen wird — in ätzender Natron- oder Kalilauge eine Kiesel Erdelösung (eine Art Kiesel Feuchtigkeit oder Wasserglas). Diese Masse wird irgend einer gewöhnlichen Seife, welche man unterdessen bis zum Ausschöpfen gar gesotten hat, durch bloßes Eindrühren beigemischt und das Gemisch alsdann, wie gewöhnlich, in die Form gebracht und ausgeschnitten. Es ist bei diesem Verfahren die bekannte Erfahrung nicht zu übersehen, daß sich das Quarzpulver nur äußerst schwierig und sehr langsam in siedender Kalilauge auflöst, indem die eigentliche Temperatur der Bindung der Kiesel Erde durch Kali bekanntlich die Glühhitze ist. Eine Ausnahme davon machen die amorphen Quarzarten, z. B. der gepulverte Opal, welche nach Fuchs sehr leicht in jener Flüssigkeit gelöst werden. Bei Vernachlässigung dieser Thatsachen wird daher ein Seifensieder anstatt Kiesel Erdeseife vielmehr — weil die erzeugte Flüssigkeit nur unbedeutend Kiesel Erde aufnimmt und also größtentheils Aetzlauge bleibt — nur eine, und zwar auf plumpe Weise, gefüllte Seife erhalten, zu welcher Klasse diese Erzeugnisse ohnehin immer mehr oder weniger gerechnet werden müssen. Girardin hat eine solche Seife — sie heißen in England Silica soap — untersucht. Sie enthielt Harz und Palmöl, mit Natron verseift, löste sich in Wasser gut und unter starkem Schäumen auf, die Auflösung ließ aber einen Bodensatz von Kiesel mehl fallen, wovon die Asche, mit Salzsäure ausgezogen, 19 % hinterließ. Um die Kiesel Erde in völliger Auflösung unter die Seife zu bringen, mußte man sich Kiesel Feuchtigkeit, oder Wasserglas auf die gewöhnliche Weise bereiten (wovon das Nähere unter »Glas«). Bei der Sheridan'schen Seife wird übrigens das Aufgelöste mit dem Unaufgelösten zusammen zu gleichen Theilen, oder etwas mehr, unter die Seife gerührt, so daß dieselbe offenbar den größten Theil dieses Stoffes nur mechanisch eingemischt enthält.

In gleicher Absicht, aber dem Zwecke viel entsprechender, mengt man nach Howitt gepulverten Speckstein und Porzellanerde oder nach Davis Pfeifenthon, am besten aber Walkerde, unter die fertiggeseifene Seife. Es wäre eine schätzenswerthe Eigenschaft, wenn solche Seifen, wie angegeben wird, zur See gebraucht werden könnten.

Schließlich verdient ein von England ausgegangenes Fabrikat, die sogenannte Chlorseife, welches auch in Frankreich unter dem Namen savon chloruré Eingang gefunden hat, Erwähnung. Dieses Fabrikat soll die Idee einer Verbindung der reinigenden Eigenschaft der Seife, mit den bleichenden gewisser Chlorverbindungen verwirklichen. Die von dem Erfinder angegebene Methode widerstreitet aber so sehr allen chemischen Grundsätzen, daß das Erzeugniß derselben nichts weniger ist, als das Beabsichtigte. Es sollen nämlich darnach die Oele oder Fette, anstatt mit gewöhnlicher Aetzlauge, mit einer Auflösung von Chlorkalk oder der entsprechenden Natron- (Zavellischer) Lauge, oder Kali-Verbindung verseift, oder auch fertige Seife in einer solchen Auflösung aufgeweicht werden. Was den Bleichkalk betrifft, so ist es einleuchtend, daß dadurch der größte Theil der nützlichen Alkaliseife in nutzlose Kalkseife verwandelt wird. Was die anderen Bleichverbindungen betrifft, so können auf die fragliche Art höchstens Seifen erhalten werden, welchen etwas von dem Bleichsalze beigemengt ist, aber sicherlich bei dem Waschen von keiner erheblichen Wirkung sein kann. Nach einem andern Vorschlage sollen die Fette, selbst mit Chlor behandelt, gleichsam vor der Verseifung damit gesättigt werden. Diesen Punkt anbelangend, ist bekannt, daß dieselben, bei zu starker Einwirkung, dadurch unter Entstehung von Salzsäuren zerseht werden. Bei schwächerer Einwirkung wird eine Entfärbung des Oeles vor sich gehen; niemals aber kann das Chlor so in die Seife übergehen, daß es darin noch eine Bleichung zu bewerkstelligen vermöchte. Es sind mit einem Worte diese Chlorseifen nicht viel mehr, als unverständige Neuerungen.

Die Toiletteseifen sind der Hauptsache nach nichts anderes als gewöhnliche Seifen, welche je nach dem Gebrauch mit verschiedenen wohlriechenden Oelen und mancherlei Formverzierungen versehen werden. Die Grundlage der verschiedenen Artikel dieser Industrie, worin die Franzosen eine entschiedene Ueberlegenheit über die anderen verschiedenen Nationen besitzen, sind theils einige der schon erwähnten Seifen, theils andere, welche besonders für diesen Zweck gesotten werden und für jeden Andern zu kostspielig sind, im allgemeinen die Folgenden: Baumölseife, Talgseife, Palmölseife, sowie Seife aus Schweinfett und Mandelöl. Die Verseifung des Schweinfetts, welches eine sehr weiße Seife und zwar von der Klasse der gerührten liefert, wird, wie schon daraus hervorgeht, nicht durch Sieden, sondern bei einer Temperatur von 65° mit einer Lauge von 36° B. ohne alles Ausfalzen bereitet.

Es ist schon in der Einleitung angeführt worden, daß die Seifen sich in Weingeist weit leichter und vollkommener auflösen, als in Wasser. Während concentrirte wässrige Lösung von Seifen nach dem Erkalten durch theilweises Krystallisiren undurchsichtig werden, so ist dieses mit den entsprechenden weingeistigen Lösungen nicht der Fall. Es wird dann bei der Verfertigung der Transparentenseife, welches früher ein tiefes Geheimniß war, Gebrauch gemacht. Um solche darzustellen löst man, in einem Darrofen vollkommen getrocknete, gewöhnliche Seife in heißem Weingeist auf. Es wird natürlich alles fremdartige, was nicht eigentliche Seife ist, ungelöst bleiben, und muß um so mehr entfernt werden, weil sie nicht wie in der gewöhnlichen Seife von einer undurchsichtigen Masse eingehüllt werden. Dies kann entweder durch Absigelnlassen, oder auch

Chlorseife.

Toiletteseifen.

Transparente
Seife.

Transparente Seife. mittelst eines Filters in einem Trichter geschehen, den man von Außen durch heißes Wasser warm hält. Von der erhaltenen Auflösung wird soviel Weingeist abdestillirt, bis das Zurückgebliebene nach dem Erkalten in Blechformen zu erstarren vermag. Solche durchsichtige Seifen sind in der Regel zu hart und schwer schäumend.

Schaumseife. Die sogenannten Schaumseifen sind nur eine besondere Form der Toiletteseifen, in welche jede von den Angeführten, mit Ausnahme der aus Schweinesett, gebracht werden kann. Um diese hervorzubringen, peitscht man eine Auflösung dieser Seifen mit ungefähr $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{6}$ Wasser so lange mit einem Rührapparat, bis der entstandene Schaum auf die doppelte Höhe der Lösung gestiegen ist, worauf man ihn in die Formen ausgießt.

Allgemeine Bemerkungen. Es ist eine auffallende Thatsache, die sich übrigens mit dem ersten Blick auf die Neuerungen in der Seifensiederei zu erkennen giebt, daß diese bei weitem mehr (nicht gerade sehr dankenswerthe) Speculationen auf die Mischung der Bestandtheile der Seife, als eigentliche Fortschritte und Verbesserungen, insbesondere der Operation des Siedens, sind; nichtsdestoweniger ist es sehr wahrscheinlich, daß gerade diese Operation noch namhafter Vereinfachung und Verbesserung fähig ist. Diese können zweierlei: entweder mehr chemischer Art, also z. B. auf Anwendung von ganz concentrirten Laugen gegründet sein, oder sie können mehr den physikalischen Theil betreffen; was diesen letzten Punkt anbelangt, so hat man allerdings in England Versuche im Großen gemacht, welche im höchsten Grade Beachtung verdienen. Es ist nämlich an und für sich wahrscheinlich, daß die Verseifung bei einer Temperatur, welche über den Siedepunkt gewöhnlicher Laugen hinausgeht, ohne übrigens den Grad zu erreichen, bei welchem die fetten Säuren oder Seifen wirklich zerseht werden — daß alsdann die Verseifung ungleich rascher erfolgt. Diese Bedingungen könnten leicht in einem gewöhnlichen Dampfkessel erfüllt werden, welcher erhöhten Druck gestattet; nur würde sich jeder Seifensieder von Fach gegen die Unmöglichkeit der Beobachtung der Seife während des Sudes sträuben. Nichtsdestoweniger sollen solche Versuche in England, der Heimath aller Dampfwirkungen, nach Schönbein nicht allein gelungen, sondern auch bereits mit Patent versehen, und nach sehr großem Maaßstabe ausgeführten Siedereien zu Grunde gelegt worden sein. Es soll durch dieses Sieden mit erhöhtem Drucke gelingen, einen Sud von mehreren Tagen nach gewöhnlicher Art, nunmehr in zwei bis drei Stunden zu vollenden. Wie aber die Patentträger sich von jenem hochwichtigen Punkte, nämlich der fortwährenden Beobachtung und Untersuchung der Seife, unabhängig gemacht haben, und wie der Seife der richtige Wassergehalt erteilt wird, ist zur Zeit nicht bekannt geworden.

Den ersten Punkt, nämlich die Benutzung ganz starker Laugen anlangend, also eine Seifenbildung, wobei das Fett mit solchen Laugen weniger gesotten, als vielmehr zusammengeschmolzen wird, so sind neue Versuche, wenn auch angestellt, doch nicht zur Deffentlichkeit gelangt, wenn man nicht die Verfertigung der bereits erwähnten gerührten cocosöhaltigen Seifen hierherzählen will, welche durch Digestion in der Wärme mit stärkeren Laugen gemacht werden, ohne übrigens ein sonderlich preiswürdiges Product zu liefern.

Es giebt wenig Dinge, denen im praktischen Leben eine unrichtigere Beurtheilung widerfährt, als dem wahren Werthe, oder was dasselbe ist, dem richtigen Preise einer Seife. Der Werth einer Seife ist aber nichts Anderes, als die Menge trockener Seife (der trockenen Verbindung des Alkali's mit den fetten Säuren), und kann sehr leicht ausgemittelt werden. Es genügt zu dem Ende, eine vorher in dünne Späne geschnittene und gewogene Probe, so lange der Wärme eines Trockenofens auszusetzen, bis sie nichts mehr an Gewicht verliert. Das Weggegangene ist das hygroskopische Wasser, das Zurückgebliebene die trockene Seife. Diese letztere behält zwar immer das chemisch gebundene oder Hydratwasser zurück, aber seine Menge ist bei dem hohen Aequivalente der Seifenverbindungen so gering, daß es in der Praxis nicht in Betracht kommt *). Viel größere Täuschungen werden natürlich aus dem Gehalte an überschüssigem Alkali, Kochsalz u. dgl. hervorgehen, welcher allen Nichtkernseifen, besonders den gefüllten und gerührten, eigenthümlich ist. Diese Beimengungen geben sich zwar schon durch die Beschaffenheit der Seife zu erkennen, können aber genau und der Menge nach nur durch eine umständliche chemische Analyse bestimmt werden. Ueberhaupt fehlt es bis jetzt gänzlich an einer Probe, welche kurzer Hand und mit hinreichender Annäherung, den Gehalt einer Seife an den trockenen Kali- und Natronverbindungen der fetten Säuren zu erkennen giebt und dabei auch von weniger geschickten Händen ausgeübt werden kann. Die eigentliche Analyse der Seife ist übrigens von sehr einfachem Gange. Man bestimmt den Wassergehalt durch Trocknen; die fetten Säuren dadurch, daß man sie mit Schwefel- oder Salzsäure abscheidet, auswäscht, schmilzt und wägt; den Alkaligehalt endlich findet man durch Einäschern. Dieses ist in der Hauptsache das Verfahren, welches den nachstehenden Analysen zu Grunde liegt. Es läßt sich daraus die große Verschiedenheit in dem Werthe der Seifen zur Genüge erkennen; doch muß bemerkt werden, daß man dabei denjenigen Theil Alkali, welcher an die fetten Säuren gebunden ist, nicht von demjenigen geschieden hat, der frei als Lauge z. B. darin enthalten war.

*) Es ist vielleicht nicht überflüssig zu bemerken, daß die Seifenfieder unter Hydratwasser uneigentlich die ganze Wassermenge zu begreifen pflegen, welche eine künftgerecht gekochene Kernseife nach dem Erkalten zurückzuhalten vermag.

Zusammen-
setzung der
Seifen.

Art der Seife	Freie Säuren	Trockenes Kali	Trockenes Natron	Wasser	Meer- salz	Namen des Untersuchers
Kastilische Seife, spec. Gew. = 1,0705	76,5	—	9	14,5		Ure
Kastilische Seife, spec. Gew. = 0,9669	75,2	—	10,5	14,3		"
Feine weiße Toiletteseife	75	—	9	16		"
Ordinäre weiße Seife von Glasgow	60,0	—	6,4	33,6		"
Gute, von einem sehr ge- schickten Seifenfieder mit Potasche gesottene, mar- morirte Talgseife, nach mehrfähriger Aufbewah- rung	81,25	1,77	8,55	8,43		Heeren
Braune Harzseife von Glas- gow	70,0	—	6,5	23,5		Ure
Londoner Cocosnußölseife *)	22,0	—	4,5	73,5		"
Harte Mohnölseife	76	—	7	17		"
Französische Savon en tables blanc	50,2	—	4,6	45,2		Thénard
Marseiller Savon marbré	64	—	6	30		"
Dieselbe	60	—	6	34		D'Arcet
Weisse Marseiller Seife	68,4	—	10,24	21,36		Bracconnot
Weisse Talgseife, Leipziger, zunftmäßig	76,3		8,8	14,7		Abendroth
Dieselbe, Leipziger, privil. Fabrik	50		9,4	29,8		"
Marmorirte Talgseife dersel- ben Fabrik	45		9,8	38		"
Hafelnußseife	64	7	—	28	1	—
Weiche Seife	44,0	9,5	—	46,5		Thénard
Londoner, weiche Seife	45,0	8,5	—	46,5		Ure
Belgische, weiche oder grüne Seife	36	7	—	57		"
Schottische, weiche Seife	47	8	—	45		"
Eine andere gute, grüne Seife	34	9	—	57		"
Schottische, weiche Rübel- seife	51,66	10	—	38,33		"
Schottische, weiche Baumöl- seife	48	10	—	42		"
Halbharte Seife, zum Was- chen bestimmt	62	11,5	—	26,5		Berviers
Gewöhnliche Schmierseife, erste Probe	44	9,5	—	46,5		Chevrenl
Dieselbe, zweite Probe	42,8	9,1	—	48		"
Dieselbe, dritte Probe	39,2	8,8	—	52		"

*) Diese beinahe zu $\frac{3}{4}$ aus Wasser bestehende Seife besaß ziemlichliche Härte, löste sich aber in heißem Wasser außerordentlich leicht auf. Sie führt in England den Namen Marine soap, weil sie selbst mit Meerwasser sehr gut seil gebraucht werden können.

Es ist bei solchen Analysen nicht zu übersehen, daß man bei der Zerlegung sowohl die fetten Säuren, wie das Alkali, als Hydrate erhält, und daß folglich in beiden Fällen das Hydratwasser abgezogen werden muß. Dem Abnehmer darf es übrigens nicht genügen, eine Seife empfangen zu haben, deren Gehalt an trockenem, fettsaurem Alkali dem entrichteten Preise entspricht; denn es muß die erkaufte Waare auch eine zweite Bedingung des Werthes erfüllen. Die Aufgabe, welche nämlich der Seifensieder in dieser Hinsicht zu lösen hat, besteht darin, eine Seife zu liefern, von welcher während des Gebrauches nicht mehr aufgelöst oder aufgeschwemmt wird, als gerade der Zweck, z. B. das Einseifen eines Stückes Wäsche, oder der Handfläche, erheischt. Im Gegentheile wird die Seife viel rascher bei dem Waschen verschwinden, als sie im Verhältnisse zu der damit geförderten Arbeit thun sollte. Dies Verhalten ist in der Haushaltung und bei den Wäscherinnen wohl bekannt, auch hängt davon der Verbrauch an Seife bei weitem mehr ab, als von der größeren oder geringeren Verunreinigung der Wäsche u. Ist der Wassergehalt einer Seife zu groß, oder ist der Zusammenhang ihrer Theile durch ein Uebermaaß von hineingearbeiteter Lauge oder Kochsalz zu gering, was bei der gefüllten, geschliffenen und gerührten Seife so oft der Fall ist, so wird jenes allzuschnelle Zergehen die Folge sein. Umgekehrt, wenn eine Seife z. B. zu stark ausgetrocknet ist, wird man zu oft und auf eine ermüdende Weise auf dem benehten Zeuge hin und her reiben müssen, um hinreichend Seife abzulösen. Die richtige Mitte zwischen beiden hält, vermöge ihres richtigen Wassergehaltes und ihrer Festigkeit, eigentlich nur die Kernseife. Zu trockene Seifen lassen sich leicht durch Aufbewahrung an feuchten Orten verbessern; umgekehrt, zu wasserhaltige. Doch werden letztere keineswegs durch Austrocknen von den fremden Salzen befreit und bleiben mit allen davon herrührenden Uebelständen behaftet. Die Kernseife ist also der eigentlich normale Zustand, in welchem Seifen verkauft werden sollten; wenn man übrigens wasserhaltigere Seifen verkauft, oder zu machen genöthigt ist, wie bei der Cocosnußseife, so ist dieses natürlich an und für sich keine absichtliche Täuschung, wenn nur der größere Wassergehalt bei dem Preise berücksichtigt wird. Ähnliches gilt für die erwähnte Knochen-, Walckerde-, Kieselrödeise u., die man nicht geradezu Verfälschungen nennen kann, die aber, wie die vorigen, einem betrügerischen Verkehre ein allzuweites Feld bieten. Wo die Seifensieder über ihren wahren Vortheil und ihre Pflichten gleich aufgeklärt sind, haben solche Erzeugnisse auch keinen Bestand und nur beschränkten Eingang.

Was so eben über das allzu rasche Zergehen der Seife angeführt wurde, hat natürlich keinen Bezug auf die Fälle, wo man die zu reinigenden Gegenstände mit Seifenlösung kocht, wie z. B. beim Bleichen und Färben; diese Betrachtungen dürfen also nicht auf die Schmierseifen ausgedehnt werden.

Delfirniß.

Die Pflanzendle sind an der Luft keineswegs unveränderlich, sondern unterliegen der Einwirkung des Sauerstoffs darin in einer Weise, welche zu der bekannten Unterscheidung derselben in trocknende und nicht trocknende Oele

Oelfirniß.

die Veranlassung gab. Während jene nämlich an der Luft schmierig bleiben, aber sauer und übelriechend, mit einem Worte ranzig werden, trocknen diese, worunter das Lein-, Hanf-, Wallnuß- und Mohnöl gehören, zu einem geruchlosen, klaren, schwach gefärbten Firnisse ein. Diese trocknende Einwirkung der Luft erfordert längere Zeit, während welcher sich ununterbrochen, aber zu verschiedenen Epochen, mit ungleicher Stärke, Wasserstoffgas und Kohlensäure aus dem Oele entwickeln. Saussure hat diese Verhältnisse aufs Genaueste bei einigen Oelen beobachtet und gefunden, daß während der ganzen Dauer der Sauerstoffaufnahme, welche mehrere Monate, selbst einige Jahre in Anspruch nimmt, eine Epoche eintritt, und zwar nach 5 bis 7 Monaten, wo diese bei weitem am stärksten ist. So z. B. hatte Nußöl nach 8 Monaten sein 13faches Volumen Sauerstoff aufgenommen, um innerhalb der nächsten 10 Tage bis auf das 60fache Volumen zu steigen und endlich, während 3 anderer Monate, wieder abzunehmen. Auf dieser Eigenschaft auszutrocknen, beruht die wichtige und umfassende Anwendung dieser Oele, und besonders des Leinöls, bei Anstrichfarben und in der Malerei. Die Schnelligkeit des Trocknens hängt zwar bei dem Leinöle von dem Alter u. ab, kann aber ganz beträchtlich vermehrt werden, wenn man das Leinöl für sich oder, wie gewöhnlich geschieht, durch Zusatz von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ Bleioryd zum Sieden erhitzt, oder einige Stunden nahe bei dieser Temperatur erhält. In diesem Zustande erhält es nach dem Erkalten den Namen Leinölfirniß, ist mehr oder weniger gefärbt, viel dickflüssiger als vorher, und trocknet in längstens 24 Stunden, z. B. auf eine Glasplatte aufgestrichen, zu einem klaren, spiegelglänzenden, nicht mehr klebenden Ueberzuge.

Man hat gewöhnlich geglaubt, das Bleioryd diene in diesem Falle dazu, während es zum Theil reducirt würde, dem Oele einen großen Theil des Sauerstoffs zuzuführen, welchen es sonst, aber in viel längerer Zeit, aus der Luft aufnimmt; das Sieden wäre darnach ein rasches Durchlaufen eines Theils derjenigen Veränderungen, welche das Oel sonst viel langsamer an der Luft erleidet. Liebig hat aber neuerdings entschieden dargethan, daß dem nicht so ist. Ebenso ungegründet ist eine andere Ansicht, wonach die Verwandlung des Oels in Firniß entweder auf einer Verseifung durch das Bleioryd, oder auf einer Zerstörung des Glycerins durch die Hitze beruht. Wenn auch, wie es denn der Fall ist, bei dem Sieden etwas Bleioryd aufgenommen wird, so wirkt dieses eher nachtheilig als nicht; denn Liebig hat gezeigt, daß, wenn man Leinöl mit Bleiglätte und Wasser längere Zeit sieden läßt, eine dickflüssige Masse erhalten wird, die schwer trocknet und sogar ziemlich lange Zeit schmierig bleibt. Selbst nachdem man aus dem Leinöle durch gewöhnliche Verseifung und nachherige Verseifung der Seife mit Salzsäure, alles Glycerin abgeschieden hatte, und in den fetten Säuren soviel Bleioryd auflöste, daß das Ganze nach dem Erkalten flüssig blieb, erhielt man keinen Firniß. Es geht also daraus hervor, daß die Abscheidung des Glycerins nicht Zweck der Firnißbildung sein kann.

Wenn man sich nun daran erinnert, daß das Leinöl den Sauerstoff der Luft später in viel stärkerem Verhältnisse aufnimmt, als zu Anfange, so wird es wahrscheinlich, daß unter den fremden Substanzen, die es enthält, sich eine befindet, welche dem Oele, durch eine Art von Einhüllung, das Aufnehmen von Sauer-

stoff erschwert und daß diese Substanz erst nach längerem Kampfe so weit beseitigt wird, um die freie Berührung mit dem Sauerstoffe herzustellen. Durch diese sehr wahrscheinliche Voraussetzung stellt sich nun die Firnißbildung sehr einfach, als eine bloße Reinigung des Leinöls dar, wodurch alles Dasjenige schlechterdings beseitigt wird, was der vollständigen Berührung mit dem Sauerstoffe im Wege steht. Die nämliche Voraussetzung hat Liebig auf die Idee gebracht, jene fremdartigen (Schleim-) Stoffe anstatt mit Bleioryd, bei einer hohen Temperatur, vielmehr, bei gewöhnlicher Temperatur, durch Bleieffig (basisch essigsaures Bleioryd) abzuscheiden, dessen man sich in der praktischen Chemie schon lange zu ähnlichen Zwecken bedient. Nach dieser viel bessern und sehr leichten Methode bereitet man sich zuerst den Bleieffig, indem man in einer Flasche 1 Pfd. Bleizucker in 5 Pfd. Regenwasser auflöst und der fertigen Auflösung 1 Pfd. sehr fein zerriebene Glätte zusetzt, womit das Ganze so lange stehen bleibt, bis die röthliche Farbe der letzteren vollkommen weiß geworden ist. Die über dem Bodensatz stehende klare Flüssigkeit ist der Bleieffig und hinreichend, um 20 Pfd. Leinöl in Firniß zu verwandeln. Zu dem Ende genügt es, Bleieffig mit gleichviel Wasser zu verdünnen und dem Leinöle zuzusetzen, welches man vorher mit 1 Pfd. feiner Bleiglätte abgerieben hat. Man hat nun nichts weiter zu thun, als die Mischung von Zeit zu Zeit umzuschütteln und dann einige Stunden ruhig stehen zu lassen. Man findet alsdann über der wässerigen Flüssigkeit das Leinöl als einen weingelben, aber nicht ganz klaren Firniß schwimmen. Durch Filtriren kann man ihn von dem feinen, weißen Schlamme trennen, der darin schweben bleibt, und wasserhell erhalten. Ein solcher Firniß läßt sich durch Aussetzen an die Sonne mit Leichtigkeit bleichen. Er enthält 4—5 % Bleioryd chemisch gebunden in Auflösung; auch diese, wenn sie irgendwie stören sollten, kann man ganz leicht durch Schütteln mit verdünnter Schwefelsäure und Klären des Firnisses in der Ruhe herauscheiden.

Zu einer folgenden Bereitung hat man nicht nöthig, eine neue Bleizuckerlösung zu verfertigen; denn aller Bleizucker findet sich wieder in der wässerigen Flüssigkeit unter dem Firnisse. Man hat also nur nöthig, zu dieser wieder Bleiglätte hinzuzufügen, um daraus den erforderlichen Bleieffig zu gewinnen.

Neben seiner Einfachheit in der Ausführung ist dieses Verfahren auch besonders dadurch ausgezeichnet, daß mit dem Bleioryd aus dem basisch essigsauren Salze, zugleich mit den, die Firnißbildung störenden, schleimigen Theilen, auch färbende Stoffe niedergeschlagen werden, so daß mit seiner Umwandlung in Firniß, zugleich ein theilweises Bleichen des Leinöls vor sich geht.

Statt des Bleioryds, oder mit diesem zugleich, hat man bei dem älteren Verfahren auch Zinkoryd (Zinkvitriol eigentlich) und, wie die Engländer thun, Magnesia angewendet.

Auf anderen Grundsätzen beruht die Umwandlung, welche das Leinöl eingehen muß, um Buchdruckerfirniß zu werden. In diesem Falle kann der Zweck, nämlich eine solche Dickflüssigkeit, daß der Firniß auf dem Papiere aus der Schrift nicht ausläuft, und die Fähigkeit, rasch zu trocknen, nur durch eine anfangende trockene Destillation erreicht werden, welche durch Erhitzen des Oels in einer kupfernen Blase eingeleitet wird. Es entwickelt sich anfangs nur Was-

ferdampf, darauf, bei höherer Temperatur und unter Aufdunkeln der Farbe (worauf es begreiflicher Weise bei dem Druckerfirniß nicht ankommt), brennbare Gase mit Kohlensäure. Dazu gesellen sich bei noch mehr steigender Hitze verdichtbare, entzündliche Dämpfe, welche das Del in kochende Bewegung versetzen und als Rauch aufsteigen, der sich anzünden läßt. Man fährt so lange fort mit Erhitzen, bis eine abgekühlte Probe sich gehörig zieht und hinreichend dick erscheint. Bei der Temperatur des Firnißsiedens wird das Glycerolord des Oels zerstört und eine Veränderung der fetten Säure hervorgerufen, welche noch nicht hinreichend untersucht ist. —

Das Glas.

Geschicht-
liches.

Der Ursprung der Glasmacherkunst verliert sich in die urälteste Geschichte. Als einer kostbaren Seltenheit wird des Glases in der Bibel zu Hiob's Zeiten gedacht. Die von Plinius erzählte Anekdote — wonach phönizische Kaufleute, welche mit natürlicher Soda handelten, während einer Rast an dem Ufer des Flusses Belus ihre Kochgeschirre auf Sodastücke stellten und Feuer darunter anzündeten, durch dessen Wirkung denn die Soda mit dem Sande des Bodens zu Glas zusammenfloß — steht im Widerstreite mit wohlbegründeten Erfahrungen. Die Hitze eines offenen Feuers ist nämlich bei weitem unzureichend, um ein wirkliches Glas zu erzeugen. Mit großer Bestimmtheit geben Plinius und Strabo von den Glashütten in Sidon und Alexandrien Nachrichten, welche beweisen, daß man schon damals verstand, nicht allein Glas zu machen, sondern auch zu schneiden, zu schleifen, zu vergolden und zu färben. Immerhin gehörte das Glas im Alterthume unter die kostbaren Seltenheiten, und war durchaus von dem Gebrauche im täglichen Leben ausgeschlossen. Erst nachdem die Kunst, Glas zu machen, von ihrer ursprünglichen Heimath nach Venedig verpflanzt worden war, wo die noch bestehenden Hütten auf der Insel Murano ihrer Zeit die einzigen und sehr berühmten waren, fing sie an, sich sehr langsam zuerst nach Böhmen, dann nach Frankreich, von da nach England und noch später nach Schweden zu verbreiten. Fensterscheiben aus gefärbtem Glase kommen zwar schon im dritten Jahrhunderte, aber nur in Kirchen, vor; doch glaubt man, daß die in Pompeji gefundenen Scherben von geblasenem Fensterglas herrühren. Der Gebrauch der weißen Glasscheiben in den Wohnhäusern gehört viel späteren Zeiten an und ist erst 1180 in England, aber nicht vor 1458 in Wien eingeführt worden.

Die Errichtung der ersten Glashütte in England fällt in's Jahr 1557; der ersten in Schweden, und zwar durch Deutsche, in's Jahr 1641. —

Man weiß ferner mit Sicherheit, daß die Glasthränen den deutschen Glasmachern im Jahre 1625 bekannt gewesen sind, obgleich Chanut erst 1656 die Naturforscher mit deren Eigenschaften bekannt machte.

Farbiger Gläser, als Nachahmung der Edelsteine (*gemmae vitreae*), erwähnen Plinius, Trebellus Pollio in seiner *vita Galieni* und Tertullian, zu dessen Zeiten dieselben mit echten Perlen in gleichem Preise standen. Kaiser Hadrian empfing mehrere farbige Glasfische von ägyptischen Priestern zum Geschenke. —

Während die Glasmacherkunst bereits Gegenstand der ältesten technischen Literatur ist und z. B. in den sieben Büchern von Anton Neri aus Florenz, in dem Werke von Christoph Merret, einem Engländer, und ganz besonders in der „ars vitriaria“ Johann Kunckel's vom Jahre 1679 weitläufig abgehandelt wird, so verdankt man doch die theoretischen Aufschlüsse über diesen Gegenstand allein der neueren Chemie und besonders den Forschungen von Berzelius über die Natur der Kieselerde.

Was man Glas nennt, ist ein durch Zusammenschmelzen von Kiesel-
 erde (auch wohl Borarsäure) mit verschiedenen salzfähigen Basen, nämlich Kali, Na-
 tron, Kalk, Bittererde, Baryt, Bleiorpd, Zinnorpd, Eisenorpdul, Manganorpdul,
 Thonerde, Eisen- und Manganorpd, bei hoher Temperatur erzeugtes Product; dasselbe
 erstarrt nach der Schmelzung zu einer farblosen, oder je nach seinen Bestandtheilen ver-
 schiedenartig gefärbten, stets durchsichtigen Masse, welche bei einer großen Härte dem
 zerstörenden Einflusse von Luft, Wasser und selbst stärkeren chemischen Agentien bis
 zu einem gewissen Grade widersteht. Diese ausgezeichneten Eigenschaften, obgleich
 ihnen zu große Sprödigkeit und Zerbrechlichkeit gegenüber steht, sind es, welche
 das Glas nicht allein für das gewöhnliche Leben, sondern auch für die höheren
 Fragen der Cultur so überaus wichtig machen. Denn es ist so gut wie gewiß,
 daß die so rasche Entwicklung derjenigen Wissenschaften, welche sich auf genaue
 Beobachtungen und Versuche gründen, also der Astronomie, Physik, Chemie und
 Physiologie, ohne die Kenntniß des Glases unterblieben wären. —

Begriff
und Eigen-
schaften des
Glasses.

Bekanntlich verhält sich die Kieselsäure in der Glühhitze als eine starke
 Säure, welche im Stande ist, die Kohlensäure, die Salzsäure u. a. zu verdrän-
 gen und mit den genannten Basen zu festen Verbindungen zusammenzutreten.
 Das Glas gehört mithin unter die kiesel-sauren Salze und ist eine künstlich er-
 zeugte Verbindung ähnlicher Art, wie die in der Natur so sehr häufig vorkom-
 menden, aber mit dem wesentlichen Unterschiede, daß die nichtkrySTALLINISCHE Be-
 schaffenheit, oder der amorphe Zustand, wie ihn die Wissenschaft nennt, be-
 stimmt zu dem Begriffe des Glases gehört. Das Glas verhält sich mithin zu
 einem natürlichen Silicate gleicher Zusammensetzung, wie geschmolzener Zucker
 (Gerstenzucker) zu dem gewöhnlichen.

Es versteht sich gleichsam von selbst, daß die Eigenschaften eines Glases in
 der Hauptsache von der Natur derjenigen Basen abhängen müssen, welche man
 zum Zusammenschmelzen mit Kiesel-erde gewählt hat. Die kiesel-sauren Alkali-
 en sind zwar leichtflüchtig, also schon bei einer nicht sehr hohen Temperatur erzeugbar,
 werden aber sehr leicht von Wasser gelöst und von Säuren zersetzt, würden also
 für sich ein unbrauchbares Glas bilden. Aehnliches, aber in geringerem Grade,
 gilt von den kiesel-sauren Erden, z. B. dem kiesel-sauren Kalk. Auch die Dryde
 der schweren Metalle, z. B. des Bleies, werden leicht durch Stoffe angegriffen,
 welche einigermaßen Verwandtschaft zu der Base besitzen. Am wenigsten an-
 greifbar sind die entsprechenden Verbindungen der Thonerde. Während die
 ersteren, also das kiesel-saure Kali, Natron, Kalk, Bleiorpd, sehr geneigt sind, jenen
 amorphen Zustand nach dem Erkalten zu bewahren, so nimmt die strengflüssige
 kiesel-saure Thonerde sehr leicht krySTALLINISCHE Beschaffenheit an, wodurch das Glas
 für gewöhnliche Zwecke unbrauchbar wird. Die Erfahrung hat nun den wichti-

Einfluß der
Beschaffenheit
auf die Natur
des Glases.

Einfluß der Bestandtheile auf die Natur des Glases.

gen Umstand kennen gelehrt, daß durch Verbindung der einfachen Silicate unter einander, diese nachtheiligen Eigenschaften größtentheils ausgeglichen und ein Product erhalten wird, was weder so leicht seinen amorphen Zustand verliert, noch so leicht angegriffen wird. In der That sind alle gewöhnlichen Gläser (mit Ausnahme derjenigen, welche wegen ihrer Auflöslichkeit angewendet werden) solche Verbindungen von mehreren Silicaten, also Doppelsilicate, deren Eigenschaften und Brauchbarkeit zunächst in dieser Art von Zusammengesetztheit beruht. Bei allem dem spiegeln sich in einem solchen Glase die Eigenschaften der einfachen Silicate sehr deutlich ab, und da diese Eigenschaft, wie bemerkt, von der Wahl der Basis abhängt, so wird auch die Natur eines zusammengesetzten Glases immer von den Eigenschaften der vorwiegenden Base bedingt sein. Die Kenntniß von dieser Wirkung der Salzbasen ist mithin für die Glasmacher von hoher Wichtigkeit und die hierhergehörigen Erfahrungen im Wesentlichen die folgenden:

Kali und Natron machen das Glas leichtflüssig, das letztere am meisten. Das Natron bewirkt einen höheren Glanz, aber einen Stich in's Blaugrüne, das Kali, bei etwas geringerem Glanze, keine Färbung.

Der Kalk giebt dem Glase mehr Härte und auch etwas mehr Glanz als die Alkalien, befördert auch die Leichtflüssigkeit in geringerem Grade, erzeugt aber ein ebenso farbloses Glas, als

die Thonerde, welche unter allen Bestandtheilen die Strengflüssigkeit am meisten erhöht, so daß, wenn ihre Menge einen gewissen, sehr mäßigen Antheil übersteigt, das Glas dem Ofenfeuer widersteht.

Das Bleioryd bildet dazu den Gegensatz, indem es bei weitem die leichtflüssigsten Gläser bildet, welche sich durch große Weichheit (Schleifbarkeit), einen hohen Glanz, vollkommene Farblosigkeit und dadurch auszeichnen, daß sie das Licht stärker brechen, als irgend ein anderes Glas.

Eine ähnliche, aber geringere Wirkung erzeugt der Baryt.

Auch die Dryde des Eisens und Mangans gehören unter die Bestandtheile, welche das Glas leichtflüssig machen, ohne aber den Glanz merklich zu erhöhen. Die Gegenwart des Eisens, welche in dem Glase nur schwer vermieden werden kann, ist für die Gläser, welche kaum gefärbt, oder farblos sein sollen, mit dem Uebelstande verknüpft, daß dieses Metall in dem Zustande des Dryduls (FeO) eine ziemlich starke, laubgrüne Färbung hervorbringt. Dagegen ist die gelbbraune Farbe, welche dieselbe Menge Eisen als Dryd hervorbringt, ungleich weniger intensiv. Wenn daher der Eisendorydgehalt eines Glases, welcher stark genug ist, um als deutlich grüne Färbung hervorzutreten, in Dryd verwandelt wird, so ist die daraus entstehende gelbe Färbung so schwach, daß sie das Auge kaum oder gar nicht mehr unterscheidet. Man kann also ein eisengrünes Glas in diesem Falle durch Drydation so gut wie entfärben. Das Umgekehrte gilt von dem Mangan, welches man zur Entfärbung solcher eisengrüner Gläser als Braunstein (MnO_2) benützt. Er verwandelt sich dabei in Drydul (MnO), welches gar nicht färbt; jeder Ueberschuß aber wird in der Glühhitze zu Manganoxyd (Mn_2O_3) reducirt und färbt das Glas stark amethystroth.

Die übrigen schweren Metalloxyde z. B. des Goldes, Silbers, Kupfers bedingen verschiedene, und zwar so starke Färbungen, daß sie in der Glasmacherei

als wirkliche Farbestoffe benutzt werden, wovon weiter unten das Nähere. Einfluß der Bestandtheile auf die Natur des Glases.

Es geht im Allgemeinen aus dem Angeführten hervor, daß die Gläser, welche am meisten Glanz und Lichtbrechungsfähigkeit besitzen, zugleich die weichsten (d. i. rigbarsten sind). Sie besitzen zugleich das größte specifische Gewicht (von 2,8 bis 3,6), was damit im Zusammenhange steht, daß sie — wenigstens was die farblosen Gläser betrifft — aus denjenigen Basen erzeugt werden, welche ein sehr hohes Aequivalent besitzen (Bleioryd, Baryt). Umgekehrt scheinen diejenigen Basen dem Glase die meiste Härte und Dauerhaftigkeit zu geben, welche weniger Glanz und Fähigkeit hervorbringen, das Licht zu brechen; das spec. Gew. der daraus geschmolzenen Gläser ist zwischen 2,37 und 2,56. Unter den genannten Basen werden eigentlich (abgesehen von den verschiedenen Färbungs- und Entfärbungsmitteln) nur die Alkalien, der Kalk und das Bleioryd ausdrücklich der Glas Mischung zugesetzt. Die Bittererde geht nur zuweilen als Begleiter des Kalkes und in geringer Menge in das Glas über. Ebenso nehmen Thonerde und Eisenoryd, eigentlich nur als Verunreinigung der übrigen Zusätze, an der Zusammensetzung des Glases Antheil. Selbst da, wo diese beiden Basen in größerer Menge vorhanden sind und wesentliche Bestandtheile des Glases bilden, werden sie nicht besonders zugesetzt, sondern rühren nur von den sehr unreinen Materialien her. Also bei dem gewöhnlichen Flaschenglase z. B., wobei die Färbung nicht in Anschlag kommt, wendet man gewöhnlichen eisenschüssigen und thonhaltigen Sand an. Was die geringe Menge Thonerde betrifft, welche sich selbst in denjenigen Gläsern vorfindet, welche eigentlich davon frei sein sollten, so weiß man, daß sie von dem Glase aus den Wandungen der Schmelzgefäße aufgenommen wird.

Die Bestimmung eines Glases, je nachdem es also zu optischen Zwecken oder zum Schleifen überhaupt, je nachdem es zu besseren oder gemeinen Gefäßen, zu Spiegel- oder Fensterscheiben dienen soll, wird sonach an die Hand geben, welche Basen man zu seiner Zusammensetzung zu wählen hat. Da das Glas eine wirkliche chemische Verbindung, ein Salz, ist, da seine Bestandtheile mithin in bestimmten Gewichtsverhältnissen mit einander gebunden sind, so sollte man denken, daß eine bestimmte Glasorte, auch nur durch Zusammenschmelzen der Mischungsbestandtheile — des »Glasses« — nach einem und demselben Gewichtsverhältnisse, erzeugt werden könne. Gerade so wie man der Versäure immer und in allen Fällen dieselbe Menge Natron zusetzen muß, um künstlichen Borax zu erzeugen; gerade so wie die Thonerde immer mit einer und derselben Menge Schwefelsäure und schwefelsaurem Kali versehen werden muß, wenn Alaun entstehen soll, gerade so, sollte man denken, müßte auch die Kiesel Erde immer mit den nämlichen Basen und in derselben Menge zusammenschmolzen werden, wenn man eine und dieselbe Glasorte erzeugen will. Dem ist aber in der Ausübung nicht so; denn die Vorschriften für gleiche Glasorten, wonach man in verschiedenen Hütten arbeitet, sind oft beträchtlich von einander abweichend, während nichtsdestoweniger die erzeugten Gläser sehr nahe übereinkommen. Auch sind die praktischen Vorschriften nichts weniger als auf die Gesetze der Aequivalente gegründet, und fast ohne Ausnahme viel älter als die Kenntniß derselben. Nichtsdestoweniger gehen die nach solchen Vorschriften bereiteten Gemische — so lange nur

Der Satz, im Vergleich mit der Zusammensetzung des Glases.

gewisse sehr weite Grenzen nicht überschritten werden — bei dem Schmelzen zu vollkommenen Verbindungen auf, ohne daß einer der Bestandtheile davon ausgeschlossen bleibt. Die Ursache dieses scheinbaren Widerspruches liegen in folgenden Umständen begründet: Einmal vermag die Kiesel Erde mit einer einzelnen Base in mannigfachen Verhältnissen zusammenzutreten; so kennt man ein einfach-, ein dreifach-, ein drittheil-Kieselsaures Natron, ja ein Aeq. Natron läßt sich noch mit 9 Aeq. Kiesel Erde im Gebläse-Feuer zusammenschmelzen und erst wird die mit 15 Aeq. hört die Glasbildung wegen Strengflüssigkeit auf. — Außerdem Fähigkeit der Kiesel Erde Basis aufzunehmen, obgleich nur scheinbar, in der Hitze gesteigert; es sind nämlich die sauren Silicate viel strengflüssiger als diejenigen, welche mehr Basis enthalten, so daß also einer Glas Mischung um so schwieriger in Fluß kommen wird, je mehr, und um so leichter, je weniger sie Kiesel Erde enthält. Es geht also daraus hervor, daß schon die Schmelz-Temperatur das Mangelhafte in den Verhältnissen zum Theil ausgleicht. Drittens vermögen sich die Silicate, woraus ein Glas besteht, im geschmolzenen Zustande einander unter allen Verhältnissen aufzulösen und chemisch zu binden, so daß die verschiedenen Gläser im Grunde nur starrgewordene Auflösungen, oder chemische Verbindungen einfacherer Silicate vorstellen. —

Zu den Ursachen, welche die (stöchiometrisch) fehlerhaften Verhältnisse ausgleichen, gehört ferner die Thatsache, daß die Alkalien, als kohlensaure Salze und ganz besonders als Chlormetalle, bei der Temperatur der Glasöfen aufhören, so feuerbeständige Stoffe zu sein, als man sonst anzunehmen gewohnt ist. Ihre Flüchtigkeit ist sogar so groß, daß sie sich in der Praxis durch einen gewissen Verlust und sogar durch das Angegriffenwerden der inneren Ofenfläche kund giebt. So wie dadurch ein Ueberschuß von Basis durch Verflüchtigung entfernt wird, so ist auch umgekehrt die chemische Anziehung der Kiesel Erde groß genug, um Basen aus der Umgebung, z. B. Thonerde aus der Masse der Schmelzgefäße, Kali aus der Flugasche der Flammen u. anzu ziehen. Auch nehmen im entgegengesetzten Falle die Basen auf demselben Wege Kiesel Erde auf.

Die vorhin berührte Strengflüssigkeit der sauren Silicate, sowie die entgegengesetzte Eigenschaft derjenigen mit einem größeren Antheil Basis sind für den Glas Schmelz-Betrieb sehr wichtige Thatsachen. Die Kieselsäure für sich ist nämlich in jedem Ofenfeuer vollkommen unschmelzbar, gewinnt aber diese Eigenschaft natürlich in um so höherem Grade, je mehr Basis man ihr zusetzt. Die Glasmacher nennen darum, diese empirische Wirkung festhaltend, die Basen schlechtweg Flußmittel und wissen sehr gut, daß durch Vermehrung des Flußmittels die Schmelzung und mithin die Arbeit erleichtert und an Brennstoff erspart wird; sie wissen aber auch, daß die Menge der zugefügten Flußmittel eine bestimmte Grenze nicht überschreiten darf, ohne die Haltbarkeit des Glases wesentlich zu beeinträchtigen. Das Angegriffenwerden des Glases unter gewöhnlichen Umständen beruht aber stets auf einer Entziehung von Basis; die Chemie lehrt nun, daß die Basen um so schwächer gebunden und um so leichter äußeren Einflüssen preisgegeben sind, je mehr sie in einem Silicate vorherrschen, also je basischer ein Glas ist. Es sind also diese zwei Rücksichten: Ersparniß auf der

Haltbarkeit
und Streng-
flüssigkeit des
Glases.

einen, und Güte der Waare auf der andern Seite, welche den Glasmacher zwingen, die richtige Mitte zu halten.

Unter welchen Verhältnissen und mit welchen Vorsichtsmaßregeln man auch verfahren mag, nie kann, wie die Beobachtung lehrt, in der Praxis ein völlig unangreifbares Glas erhalten werden. Reines, feingeriebenes Glas von einer Glasröhre, oder Fensterscheibe zeigt nach Faraday und Bischof, wenn es mit Wasser benetzt wird, eine alkalische Reaction; Salmiak schlägt aus solchem Wasser, wie Fuchs gezeigt hat, Kieselersdesfloeken nieder. Dieselbe Reaction tritt nach Dumas ein, wenn man Wasser längere Zeit in einem Glasgefäße kocht, wobei sich eine Trübung von unedlichem kiesel-sauren Kalk bildet. Griffiths gelangte durch wochenlanges Auskochen dahin, seinem Flintglaspulver durch mehrmaliges Zerreiben und Auswaschen mit Wasser, 7 % Kali zu entziehen. Es geht daraus hervor, daß die gewöhnlichen Gläser dem Einflusse der Feuchtigkeit immer einigermaßen unterliegen; indessen ist dieser Einfluß auf nicht gepulverte Gläser, besonders so lange ihre natürliche Oberfläche unverletzt bleibt, bei weitem geringer und unbedeutend. Nichtsdestoweniger vermögen selbst die besten Fensterscheiben der Wirkung des Wetters und Regens auf die Dauer nicht zu widerstehen. Das Alkali wird von der Feuchtigkeit ausgezogen und weggespült, während an der Oberfläche eine sehr dünne Lage von Kiesel-erde oder kiesel-saurem Kalk zurückbleibt, welche in den Farben des Regenbogens spielt. Dies ist, was man das Erblinden der Scheiben nennt. Die perl-mutterglänzende Schichte, womit das Glas bedeckt ist, welches mit anderen Ueberresten des Alterthums häufig aus der Erde gegraben wird, soll nach Griffiths fast reine Kiesel-erde sein. Sehr merkwürdig und schwer zu erklären ist die, bei einer solchen Gelegenheit von Colladon gemachte Beobachtung, welcher Glasstücke aus einem 12 Fuß tiefen alten Graben biegsam, sogar knet- und schneidbar fand; solches Glas ward übrigens nach einigen Stunden an der Luft wieder hart und zerbrechlich.

Die Säuren entziehen natürlich dem Glase mit viel größerer Kraft das Kali, Natron, den Kalk etc., unter Abscheidung von gallertartiger Kiesel-säure. Umgekehrt wirken die ägenden Alkalien auf das Glas durch Aufnahme von Kiesel-erde. Auch von dem Ammoniak hat man Aehnliches beobachtet, woraus sich erklärt, warum z. B. in Stallungen die Fensterscheiben vorzugsweise leicht erblinden. Was die bleihaltigen Gläser anbelangt, so sind diese in einer schwefelwasserstoffhaltigen Luft der Bildung von Schwefelblei und in der Flamme der Reduction des Bleiorpyds, also der Bildung von metallischem Blei, ausgesetzt.

Ganz eigenthümlich ist die Einwirkung der Flußsäure, des mächtigsten Zersetzungs-mittels für die Gläser, von welcher sie ohne Ausnahme gänzlich zerfressen werden. Es entsteht dabei theils Fluorsilicium, theils Fluorsilicium-Kalium, -Natrium, -Calcium etc.

Die Darstellung des Glases und seine Verarbeitung hängen von einigen Eigenschaften ab, ohne deren Kenntniß diese Operation unverständlich bleiben würde; sie verdienen deshalb näher erörtert zu werden.

Bei der höchsten Hitze, welche das Ofenfeuer hervorbringt, ist das Glas ziemlich dünnflüssig, etwa wie ein schwacher Syrup. Auf diesen Grad von Flüssigkeit beruht die Möglichkeit das Glas zu gießen, sowie seine Reinigung, weil

Säureflüssigkeit,
Erprobungen.

alsdann sich die Unreinigkeiten ebenso gut nach unten absenken, als die Luftblasen nach oben entweichen können. Bei der Temperatur der lebhaften Rothglühhitze dagegen bildet das Glas eine sehr zähflüssige, dicke Masse, von sehr großer Dehnbarkeit, die sich leicht in die feinsten Fäden ausziehen und zu den dünnsten Hohlkugeln aufblasen läßt; ohne diese Eigenschaft würde die so sehr gewöhnliche Verarbeitung des Glases durch Blasen, gänzlich unmöglich sein. Zwei Stücke Glas lassen sich in diesem Zustande mit noch größerer Leichtigkeit als weiches Wachs, durch bloßen Druck zu einem einzigen vereinigen, oder gleichsam zusammenlöthen.

Die Ursache
der Sprödig-
keit.

Wenn geschmolzenes Glas, bei welchem immer die Neigung der kleinsten Theilchen vorhanden ist, sich nach regelmäßigen Richtungen zu Krystallen zusammenzulagern — erkaltet, so fehlt es bei der großen Zähflüssigkeit immer an Zeit, dieser Neigung zu genügen, und die kleinsten Theilchen sind gezwungen, gleichsam gegen ihren Willen, in derjenigen Lage zu verharran, welche sie zufällig bei der Verarbeitung annahmen, d. h. eine amorphe Masse zu bilden. Dieser Zwang in der Lage der kleinsten Theilchen ist um so größer, je rascher das Erkalten stattgefunden hat, also im Inneren nicht so groß als an der Oberfläche, welche sich noch überdies stärker zusammenzieht. Es ist also auch noch eine Spannung der äußeren Schichten gegen die inneren vorhanden. Aus allen diesen Gründen geht hervor, daß in dem Glase eine Störung des Gleichgewichts in der Anziehung der einzelnen Theilchen, also ein Aufhören des Zusammenhanges gewissermaßen vorbereitet ist, welche selbst durch unbedeutenden Anstoß von außen verwirklicht werden kann. Die Sprödigkeit des Glases beruht einzig in diesem Umstande und kann mitunter eine beträchtliche Höhe erreichen. Wenn man z. B. einen Tropfen Glas in kaltes Wasser fallen läßt, so entstehen die durch ihre Sprödigkeit so bekannten Glasthränen Fig. 137. Es ist hinreichend, die

Fig. 137.



äußerste Spitze *a* abzubrechen, um jener Spannung so weit Luft zu machen, daß sie die ganze Masse des Tropfens zu Staub zerfalle.

Das Kühlen.

len macht. Ebenso ist die geringe Reibung beim Schütteln eines scharfen Sandkornes in den sogenannten Bologneser Flaschen genügend, um das Gefäß mit einem Knall zu zersprengen. Ganz ähnliche Eigenschaften zeigt das Glas, wenn es, wenigstens in einigermaßen dicken Massen, an der Luft erkaltet. Eine Flasche z. B. oder ein Trinkglas würden in diesem Falle bis zur Unbrauchbarkeit spröde sein. In der Ausübung sind deshalb ganz eigene Maßregeln nothwendig, um diesem Uebelstande zu begegnen. Man pflegt nämlich das geformte Glas in einem besonderen Ofen nachträglich so weit zu erhitzen, als es ohne Erweichen möglich ist, um dann den Ofen sammt seinem Inhalte langsam auf die gewöhnliche Temperatur erkalten zu lassen. Wenn auch dadurch dem Glase die Sprödigkeit nicht gänzlich benommen wird, so wird sie doch so weit herab bestimmt, daß es bei einiger Vorsicht beim Gebrauch aushält. Ebenso wie durch Schlag oder Stoß, unterliegt auch das Glas seiner Sprödigkeit durch raschen Temperaturwechsel, z. B. durch plötzliche oder einseitige Erhitzung.

Je langsamer die Abkühlung des Glases erfolgt, um so mehr wird ihm von seiner Sprödigkeit benommen, bis endlich durch eine Uebertreibung dieser Maßregel der amorphe Zustand untergeht, um dem der Krystallisation Platz zu machen. In diesem Falle finden sich die Eigenschaften des Glases auf eine für die Praxis sehr merkwürdige Weise verändert. Réaumur hat diese Art Glas zuerst hervorgebracht und kennen gelehrt. Als derselbe nämlich Glasgefäße in einen Tiegel einsetzte und den freien Raum in und um das Glasgefäß mit einer Mischung von gebranntem Gyps und feinem Sand ausfüllte, und in einem Fayence-Ofen während des Brandes sich selbst überließ, so zeigten sich nach dem Erkalten folgende Veränderungen. Die Oberfläche hatte ihren Glanz, die Masse ihre Durchsichtigkeit zum größten Theile verloren, der Bruch erschien matt und steinartig, dabei aber seidenglänzend und faserig. In der Mitte findet sich gewöhnlich eine Schichte unveränderten, durchsichtigen Glases, worauf jene Fasern senkrecht stehen. In einem von Darcet entglasten Flaschenglase fand Dumas:

Kieselerde	52,0
Kali	2,0
Kalk	27,4
Thonerde	12,0
Eisen- und Manganoxyd.	6,6
	<hr/> 100,0

Man sieht daraus, daß die Zusammensetzung einer entglasten Masse von der der entsprechenden Gläser nicht viel mehr abweicht, als diese unter sich (vergl. unten die Analysen); doch ist der Kaligehalt auffallend vermindert. Es scheint also die Entglasung in diesem Fall nicht allein in der Krystallbildung, sondern auch auf Verminderung des Alkaligehaltes, also chemischer Umgestaltung zu beruhen. Dafür spricht die Erfahrung, daß alkaliarme strengflüssige Gläser wie das Flaschenglas am leichtesten der Entglasung unterliegen.

Daß solche Entglasungen ebenso oft ein Zerfallen der Glasmasse in verschiedene chemische Verbindungen sind, von denen eine krystallinisch hervortritt, sieht man am deutlichsten aus der vergleichenden Analyse der Grundmasse und des krystallisirten Theils. Wenn nemlich größere Glasmassen in den Glashäfen langsam erkalten, so sieht man sehr häufig einen Theil als undurchsichtige Krystalle in der durchsichtig bleibenden Grundmasse hervortreten. Beide Zustände sind von Dumas in Proben aus der Sammlung der polytechnischen Schule, und von Kersten aus solchen von einer Glashütte im Plauen'schen Grunde untersucht worden. Sie fanden:

	Kersten				Dumas			
	im krystallisierten Theil		in der Grundmasse		im krystallisierten Theil		in der Grundmasse	
		Sauerstoff		Sauerstoff		Sauerstoff		Sauerstoff
Kieselerde	58,8	30,54	60,39	31,40	68,2	35,46	64,7	33,64
Thonerde	3,3	1,54	6,10	2,84	4,9	2,28	3,5	1,63
Kalk	20,2	5,77	13,40	3,83	12,0	3,43	12,0	3,43
Eisenoxydul	3,5	0,80	3,10	0,70	—	—	—	—
Manganoxydul	4,2	0,93	2,20	0,49	—	—	—	—
Bittererde	0,5	0,19	0,40	0,15	—	—	—	—
Kali	2,7	0,45	—	—	—	—	—	—
Natron	5,5	1,40	14,41	3,05	14,9	3,81	19,8	5,06

Was die von Kersten untersuchte Probe anbelangt, so verhält sich darin der Sauerstoff der Kieselsäure, zu dem der Thonerde und zu dem der übrigen Basen zusammengenommen:

im krystallinischen Theil = $30,54 : 1,54 : 9,54 = 21 : 1 : 6$

in der Grundmasse = $31,40 : 2,84 : 8,22 = 12 : 1 : 3$; dieses Verhältniß führt nun für den ersteren zu

der Formel = $3\text{SiO}_3, \text{M}_2^*)\text{O}_3 + 9(\text{SiO}_3\text{MO})$; für die letztere zu der Formel = $3\text{SiO}_3, \text{M}_2\text{O}_3 + 18(\text{SiO}_3\text{MO})$.

Ebenso ist das Sauerstoffverhältniß der Dumas'schen Probe, und zwar

im krystallinischen Theil = $35,46 : 2,28 : 7,24 = 18 : 1 : 3$

in der Grundmasse = $33,64 : 1,63 : 8,49 = 15 : 1 : 5$, woraus sich die Zusammensetzung für ersteren = $6\text{SiO}_3, \text{M}_2\text{O}_3 + 9(\text{SiO}_3\text{MO})$ und für letzteren = $3\text{SiO}_3, \text{M}_2\text{O}_3 + 15(\text{SiO}_3\text{MO})$

ergibt und mit Bestimmtheit hervorgeht, daß beide Theile verschiedene chemische Verbindungen sind. —

Réaumur's
Porzellan.

Der Zustand der Entglasung tritt nicht selten beim bloßen Bearbeiten in Folge des wiederholten Erhitzens ein und giebt sich dann stellenweise durch Blindwerden und eine plötzlich eintretende unverhältnißmäßige Strengflüssigkeit kund, so daß z. B. die Flaschenbläser stets auf ihrer Hut sein müssen, diesem Uebelstande, welcher die Vollendung des Stücks unmöglich macht, zu begegnen. Im Allgemeinen kann man also sagen, daß die Entglasung theils auf einer Entmischung, theils auf einer Krystallisation beruht. Es ist höchst bemerkenswerth, daß die Sprödigkeit des Glases und seine Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel, durch Entglasung selbst noch geringer werden, als z. B. bei dem Porzellan. Schon Réaumur hat es versucht, daraufhin solches Glas, welches nach ihm Réaumur'sches Porzellan heißt, als Material für

*) M = 1 Aeq. Metall, also Kalium, Natrium, Kalk, Thonerde u.

die Töpferei zu empfehlen, ein beachtenswerther Vorschlag, der nicht so viel Eingang gefunden hat, als er wirklich verdient.

Man theilt die Gläser gewöhnlich nach ihrer technischen Bestimmung ein, eine Eintheilung, welche übrigens mit der Zusammensetzung in einer gewissen Beziehung steht. Man unterscheidet:

Eintheilung
der Gläser.

- A. Hohlglas, worunter man ganz allgemein alles Glas versteht, was zu Gefäßen u. dgl. verarbeitet wird*). Es unterscheidet sich aber durch die verschiedene Reinheit der Masse in:
 - a. Das gemeine Flaschenglas, aus Kiesel-erde, Kali oder Natron, Kalk, Thonerde und Eisenoryd.
 - b. Glas zu den Arzneiflaschen, aus Kiesel-erde, Natron, Kalk, etwas Thonerde und sehr wenig Eisenorydul.
 - c. Das weiße Hohlglas (im engeren Sinne) zu Flaschen, Trinkgläsern, Röhren; aus Kiesel-erde, Natron oder Kali und Kalk.
- B. Das Fensterglas, aus Kiesel-erde, Kali oder Natron, Kalk und Thonerde.
- C. Das Spiegelglas, aus Kiesel-erde, Natron oder Kali, Kalk und wenig Thonerde. Nur durch größere Reinheit und Farblosigkeit von dem vorhergehenden verschieden.
- D. Das Krystallglas, zu geschliffenen Gefäßen u. dgl., aus Kiesel-erde, Kali und Bleioryd.
- E. Das Flintglas, Masse der optischen Gläser, aus Kiesel-erde oder Bor-säure, Kali und mehr Blei, als das vorige.
- F. Der Straß, Masse der nachgeahmten Edelsteine, aus Kiesel-erde, Kali mit dem höchsten Bleigehalt, welche durch Metalloryde verschiedenartig gefärbt wird. Aehnlicher Art sind die hierher zu zählenden Farben der Glas- und Porzellanmaler, nämlich leichtflüssige, blei- und bor-säurehaltige Glasflüsse, denen eine beliebige Färbung ertheilt wird.
- G. Der Email, aus Kiesel-erde, Natron und Bleioryd; mit Zinnoryd oder Antimonoryd undurchsichtig gemacht.

Einige dieser Gläser sind an und für sich farbige Massen, wie das dunkelbraune oder dunkelgrüne gemeine Flaschenglas, oder das hellgrüne der Apothekerflaschen. Die optischen Gläser und die zu weißen Waaren müssen durchaus farblos sein; es können übrigens alle aufgeführten Arten beliebig gefärbt werden.

Es ist bereits hervorgehoben worden, daß in den Gläsern alle Bestandtheile chemisch gebunden sind. Es müssen also auch die einzelnen Bestandtheile in dem Verhältniß der Aequivalente zu einander stehen. Dadurch daß verschiedene Dryde einander zu vertreten vermögen, sind diese Verhältnisse zwar nicht selten scheinbar ver-

Zusammen-
setzung der
Gläser.

*) Nach dem herrschenden Sprachgebrauch sind die bleihaltigen Gläser, welche zu ähnlichen Zwecken dienen, hierunter nicht begriffen, so daß Hohl- und Krystallglas z. B. in einem bestimmten Gegensatz zu einander stehen.

Zusammen-
setzung der
Gläser.

wischt, doch wird sich die Gesetzmäßigkeit in der Zusammensetzung stets durch ein einfaches Verhältniß zwischen dem Sauerstoff der Basen zusammengenommen, und dem der Kieselsäure zu erkennen geben. In der nachstehenden Zusammenstellung der bekannt gewordenen Glasanalysen ist dieses Verhältniß darum jeder Zeit unten angemerkt.

Flaschenglas.

Analytiker:	Berthier.			Dumas.	
Art des Glases:	1.	2.	3.	4.	5.
Kieselerde	60,0	60,4	59,6	53,55	45,6
Kali	3,1	3,2	3,2	5,48	6,1
Natron	—	—	—	—	—
Kalk	22,3	20,7	18,0	29,22	28,1
Bittererde	—	0,6	7,0	—	—
Baryt	—	0,9	—	—	—
Manganorydul	1,2	—	0,4	—	—
Thonerde	8,0	10,4	6,8	6,01	14,0
Eisenoryd	4,0	3,8	4,4	5,74	6,2
Manganoryd	—	—	—	—	—
Verhältniß des Sauerstoffs in der Säure, zur Summe des Sauerstoffs in den Basen	5 : 2	?	7 : 3	2 : 1	4 : 3
Verhältniß des Sauerstoffs in den Basen mit 1 Aeq. desselben, zu dem der Ba- sen mit 3 Aequivalenten Sauerstoff	4 : 3	?	2 : 1	2 : 1	1 : 1

Das Glas Nr. 1. stammt von Souvigny, Nr. 2. von St. Etienne, Nr. 3. von Epinac, Nr. 4. von Sevres bei Paris; Nr. 5. aus einer unbekannten aber ebenfalls französischen Hütte.

Medicinglas.

Zusammen-
setzung der
Gläser.

Analytiker:	Verthier.			
Art der Gläser:	1	2.	3.	4.
Kieselerde	71,6	62,5	69,6	62,0
Kali	10,6	10,5	8,0	—
Natron	—	—	3,0	16,4
Kalk	10,0	16,2	13,0	15,6
Bittererde	—	—	0,6	2,2
Manganorydul	0,3	1,2	—	—
Thonerde	3,0	4,5	3,6	2,4
Eiseneryd	1,5	2,5	1,6	0,7
Verhältniß des Sauerstoffs in der Säure, zur Summe des Sauerstoffs in den Basen	6 : 1	7 : 2	9 : 2	5 : 1
Verhältniß des Sauerstoffs in den Ba- sen mit 1 Aeq. desselben, zu dem der Basen mit 3 Aequivalenten Sauerstoff	2 : 1	7 : 3	3 : 1	9 : 1

Sämmtliche Sorten sind aus französischen Glashütten.

Fensterglas.

Analytiker:	Dumas.						
Art des Glases:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kieselerde	69,65	69,25	68,55	68,65	68,5	68,0	69,0
Natron	15,22	11,30	12,88	17,70	13,7	10,1	11,1
Kalk	13,31	17,25	16,17	9,65	7,8	14,3	12,5
Thonerde	1,82	2,20	2,40	4,00	10,0	7,6	7,4
Verhältniß des Sauerstoffs in der Säure, zur Summe des Sauerstoffs in den Basen	4 : 1	4 : 1	4 : 1	4 : 1	7 : 2	7 : 2	7 : 2

Die Nummern 1 bis 6 sind französische Sorten; Nr. 7. ein englisches Glas. —

Zusammen-
setzung der
Gläser.

Spiegelglas.

Analytiker:	Berthier.	Tassaert.	Dumas.		Berthier.
Art des Glases:	1.	2.	3.	4.	5.
Kieselerde	72,0	76,0	75,9	73,85	68,6
Kali	—	—	—	5,50	6,9
Natron	17,0	17,0	17,5	12,05	8,1
Kalk	6,4	6,0	3,8	5,60	11,0
Bittererde	—	—	—	—	2,1
Manganorydul	—	—	—	—	0,1
Thonerde	2,6	—	2,8	3,50	1,2
Eisenoryd	1,9	1,0	—	—	0,2
Verhältniß des Sauerstoffs in der Säure, zur Summe des Sauerstoffs in den Ba- sen	6 : 1	?	7 : 1	7 : 1	5 : 1

Die letzte Probe ist von einem venetianischen, die übrigen von französischen Spiegeln.

Verschiedenes weißes Glas.

Analytiker:	Berthier.	Gros.	Dumas.	Berthier.	Dumas.
Art des Glases:	1.	2.	3.	4.	5.
Kieselerde	71,7	71,6	69,4	69,2	62,8
Kali	12,7	11,0	11,8	15,8	22,1
Natron	2,5	—	—	3,0	—
Kalk	10,3	10,0	9,2	7,6	12,5
Bittererde	—	2,3	—	2,0	—
Manganorydul	0,2	0,2	—	—	—
Thonerde	0,4	2,2	9,6	1,2	—
Eisenoryd	0,3	3,9	—	0,5	2,6
Verhältniß des Sauerstoffs in der Säure zur Summe des Sauerstoffs in den Ba- sen	6 : 1	6 : 1	4 : 1	4 : 1	5 : 1

1) Probe von einem Becher aus Neufeld in Böhmen, 2) Probe von demselben Ort. 3) Ebenfalls böhmisches Glas. 4) Probe von einer leicht schmelzbaren französischen Glasröhre. 5) Probe von Crownglas. —

Kry stall glas.

Zusammen-
setzung der
Glaser.

Analytiker :	Berthier.			Dumas.	Faraday.
Art des Glases:	1.	2.	3.	4.	5.
Kieselerde	59,2	56,0	51,4	56,0	51,93
Kali	9 0	6,6	9,4	8,9	13,67
Kalk	—	—	—	2,6	—
Bleioryd	28,2	34,4	37,4	32,5	33,28
Manganorydul	1,0	—	—	—	—
Thonerde	—	1,0	1,2	—	—
Eisenoryd	0,4	—	0,8	Spur	—
Verhältniß des Sauerstoffs in der Säure, zur Summe des Sauerstoffs in den Ba- sen	8 : 1	8 : 1	6 : 1	6 : 1	6 : 1

1) Von London, zu optischen Instrumenten bestimmt. 2) Von Boneche in Belgien. 3) Von Newcastle. 4) Von unbekannter Herkunft. 5) Aus England.

Flintglas, Straß und Email.

Analytiker :	Faraday.	Dumas.	Dumas.	Dumas.
Art des Glases:	Flintglas v. Guinand		Straß von Donault-Wie- land verfertigt.	Email
Kieselerde	44,30	42,5	38,1	31,6
Kali	11,75	11,7	7,9	8,3
Kalk	—	0,5	—	—
Bleioryd	43,05	43,5	53,0	50,3
Zinnoryd	—	—	—	9,8
Thonerde	—	1,8	1,0	—
Verhältniß des Sauerstoffs der Säure, zur Summe des Sauerstoffs in den Basen	9 : 1	4 : 1	4 : 1	7 : 3

Die Analysen geben deutlich zu erkennen, daß das Glas bei aller möglichen Verschiedenheit seiner Bestandtheile, doch stets nach bestimmten stöchiometrischen Verhältnissen zusammengesetzt ist, wie schon deutlich in die Augen springt, wenn man aus der Analyse den empirischen Ausdruck für die Zusammensetzung berechnet. So entspricht die procentische Zusammensetzung des Flaschenglases Nr. 5.: $\text{KO} + 8 \text{CaO} + 2 \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{SiO}_3$; die des Fensterglases Nr. 2.: $3 \text{NaO} + 5 \text{CaO} + 12 \text{SiO}_3$; die des Spiegelglases Nr. 1.: $2 \text{NaO} + \text{CaO} + 6 \text{SiO}_3$; die des weißen Crownglases Nr. 5.: $\text{KO} + \text{CaO} + 3 \text{SiO}_3$; die des Krystallglases Nr. 2.: $\text{KO} + 2 \text{PbO} + 8 \text{SiO}_3$; des Flintglases Nr. 2.: $6 \text{KO} + 9 \text{PbO} + 20 \text{SiO}_3$; des Straßes Nr. 1.: $3 \text{KO} + 9 \text{PbO} + 16 \text{SiO}_3$ u. u. Wenn man auch über die Art, wie die Kieselsäure an die einzelnen Basen vertheilt ist, also über die eigentliche Constitution der Gläser, nur wahrscheinliche Vermuthungen aufstellen kann, wenn auch diese Berechnungen nicht zur Kenntniß der rationellen Formeln führen, so ist die Kenntniß der empirischen Formel eines Glases, wie in obigen Beispielen, nichtedestoweniger ein sehr guter Anhaltspunkt, um aus einem gegebenen Glase die Vorschrift des Sazes zu ermitteln, oder bekannte Vorschriften zu verbessern und zu berichtigen.

Dem Ma-
terial.

Bei einem so ausgedehnten Betrieb wie die Glasmacherei kann man sich natürlich nicht darauf einlassen, die Bestandtheile des Glases chemisch rein zuzubereiten und durch Schmelzung zu vereinigen; man benützt im Gegentheil gewisse Natur- und Kunstproducte, welche jene Bestandtheile in einer geeigneten Verbindungsweise enthalten, in mehr oder weniger rohem Zustande und überläßt es in einem gewissen Grade dem Schmelzproceß selber, das Fremdartige auszustoßen. Um diesen Proceß und die Vorschriften zu den einzelnen Gläsern verstehen zu können, ist es nothwendig, sich zuvor mit den Rohproducten bekannt zu machen, in welchen den Hütten die Kieselerde und die verschiedenen Basen zugeführt werden.

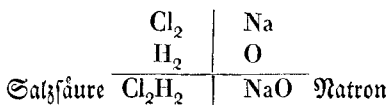
Die Kiesel-
säure.

Die Kieselerde findet sich zwar reichlich, aber selten in der Reinheit in der Natur, wie sie farbloses und feines Glas erheischt. Zum Straß und den Gläsern, welche in der Glasmalerei als Farben dienen, verwendet man häufig Bergkry stall. Glühend in Wasser abgelöscht, wird derselbe mürbe und kann leicht gepulvert werden. Ebenso behandelt man den derben Quarz und den Feuerstein, wobei zugleich das Wasser ausgetrieben und die organische Materie zerstört wird, welche so häufig diese Gesteine begleiten. Bei manchen Quarzen verräth sich ein Eisengehalt durch Gelbwerden beim Glühen, welcher alsdann das Glas grünlich färbt. Auch Thonerde findet sich darin vor, schadet aber nur dann, wenn ihre Menge groß genug ist, um die Schmelzbarkeit des Sazes zu beeinträchtigen. — Am meisten und am vortheilhaftesten wendet man den Sand an, wodurch man das Pulvern erspart. Die große Verschiedenheit in der Reinheit dieses Materials macht eine sorgfältige Auswahl für die verschiedenen Gläser nothwendig. Man unterscheidet eischlüssigen (eisenoxydhaltigen), thonigen und kalkigen Sand; meist sind alle drei Gemengtheile zugleich vorhanden, indem eins oder das andere vorherrscht, und Pflanzenreste eingemengt. Der Kalk, welcher ohnehin zugesetzt würde, kann natürlich nicht schaden. Der Thon, wo man diesen zu fürchten hat, läßt sich ohne große Kosten und ziemlich vollstän-

dig durch Waschen und Schlämmen beseitigen, was besonders bei Grubensand, weniger bei See- und Flussand, nöthig ist. Ungleich mehr hat man mit dem Eisengehalt zu kämpfen; es kann dieser zwar leicht und vollständig, aber nicht ohne zu große Kosten (wenigstens für die billigeren Glasforten) durch Waschen mit Salzsäure entfernt werden; doch ziehen es die Glasmacher vor, wenn auch mit Mühe, einen eisenfreien Sand aufzusuchen. So lassen die Engländer, seit die Sandlager in Norfolkshire, in der Alumbay und auf der Insel Wight nicht mehr zureichen, einen eisenfreien Sand als Rückfracht und Ballast von Sidney in Neuhollland kommen. — In den meisten Hütten pflegt man den Sand zuvor im Flammofen durchzuglühen, theils um ihn von Pflanzenresten zc. zu befreien, theils um ihn mürber und feiner zu machen. Denn die Ersparniß, welche durch möglichste Zertheilung und innige Mischung der Satz-Bestandtheile im Schmelzofen erzielt wird, ist so bedeutend, daß die Feuerung des Flammofens dagegen in keinen Betracht kommt.

Die gemeinen, nicht farblosen Gläser (z. B. Flaschenglas) erhalten ihr Alkali durch Zusatz von gewöhnlicher Asche, was das Kali, und von Seepflanzenasche (Barilla, Varec zc. S. 238.), was das Natron anbelangt. Feinere Gläser werden aus roher Potasche und künstlicher Soda, die besten aus gereinigter Potasche und gutem Sodasalz geschmolzen. Die Anwendung des Alkalimeters, obgleich bei den Praktikern sehr vernachlässigt, ist bei den so großem Wechsel der Grädigkeit unterworfenen käuflichen Alkalien von besonderem Nutzen; auch darf man bei Anwendung von Soda nicht übersehen, daß das Natron eine größere Sättigungskraft besitzt als das Kali, denn 100 Gew. Th. reines kohlensaures Natron leisten in einem Glasfasse dasselbe, wie 130 Gew. Th. kohlensaures Kali. — Wie leicht einzusehen, würde es für den Glasfabrikanten ein bedeutender Vortheil sein, wenn das Natron dem Glas könnte durch unmittelbare Anwendung von Kochsalz in dem Saze zugeführt werden. Das Natron würde in diesem Falle um die Fabrikationskosten der Soda wohlfeiler zu stehen kommen. Indessen ist das Kochsalz kein vollständiges Ersatzmittel. Die Kiesel Erde zersetzt zwar das Kochsalz in Gegenwart von Wasserdampf, welcher z. B. in der Flamme des Ofens enthalten ist, sehr rasch zu Natron, womit sie zusammentritt, und zu Salzsäure, welche sich entwickelt,

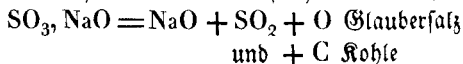
Kali und
Natron.



allein noch ehe die hierzu nöthige Temperatur, und mithin die Zersetzung selbst zu Stande kommen, verflüchtigt sich der größte Theil des Kochsalzes in Gestalt eines Dampfes, welcher auf eine schädliche Weise die inneren Wände der Ofen angreift. — Ist mit dem Kochsalz zu gleicher Zeit Potasche in dem Glasfaze vorhanden, so zerlegen sich diese wechselseitig zu kohlensaurem Natron und Chlorkalium ($\text{CO}_2\text{K} + \text{Cl}_2\text{Na} = \text{Cl}_2\text{K} + \text{CO}_2\text{NaO}$), welches unzersezt auf dem Glase als Glasgalle obenaufschwimmt. Nach Kirn kann der Zusatz von Kochsalz, der meist nur 5 — 6 % beträgt, ganz gut auf 13 % gesteigert werden, wenn in dem Glasfaze wenigstens $\frac{1}{3}$ soviel Kalk enthalten ist. Den besten

Kali und
Natron.

Effect gewährte ein Gemenge von 2 Th. Kochsalz, 3 Th. Kalk und 4 Th. Potasche mit dem nöthigen Sand, nämlich 6 Thln. — Statt des Kochsalzes kann man auch für geringere Gläser den Seifensiederfluß *) (S. 360.) anwenden, welcher Chlorkalium, Natrium, kohlensaure und auch wohl ägende Alkalien enthält. — Auch Glaubersalz (schwefelsaures Natron) **, welches bei vielen Betriebszweigen als Nebenproduct erhalten wird, kann mit gutem Erfolg angewendet werden. Da aber die Schwefelsäure nicht so ganz leicht ausgetrieben wird, so unterstützt man die Einwirkung der Kieselsäure dadurch, daß man die Schwefelsäure durch ein geeignetes Mittel in schweflige Säure verwandelt, welche einen ungleich geringeren Widerstand bietet. Ein solches Mittel ist die Kohle, denn:



geben: schwefligsaures Natron = NaO, SO_2 und $\text{CO} = \text{Kohlenoxyd}$.

Weil nun die Kohle sehr stark schwarz- oder braunfärbend auf das Glas wirkt, so ist ein zu großer Ueberschuß, als unnöthig und schädlich, zu vermeiden. Als Anhaltspunkt mag festgehalten werden, daß zu Zersetzung von 100 Th. reinem trocknen Glaubersalz etwas weniger als 9 Th. Kohle genügen. Sicherer Erfahrung zufolge ist Glaubersalzglass mit einer bläulichen, von der Unreinheit der Materialien unabhängigen Färbung behaftet, von welcher man vermuthet, daß sie von der Bildung kleiner Antheile Ultramarin (aus Schwefel, Natron und Thonerde) bestehen. Um sie zu vermeiden, kann man entweder die Kohle weglassen, wodurch die Schmelzzeit verlängert wird, oder wenn es sich um Bleigläser handelt, diese mit Schwefelblei schmelzen, wobei die Schwefelsäure des Glaubersalzes $\frac{1}{3}$ ihres Sauerstoffs zur Drydation des Schwefelmetalls abgibt und schweflige saure Salze entstehen. — Nach den Erfahrungen von Kirn und Anderen ist es höchst förderlich, wo nicht unerläßlich zu einem guten Erfolg der Verglasung von Kochsalz und Glaubersalz, dem Saß so viel kohlensaures Alkali beizugeben, daß dadurch ohnehin ein Glas gebildet würde, wenn auch ein strengflüssigeres. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Potasche meistens aus Holzasche gewonnen wird und mithin einen bestimmten Holzverbrauch voraussetzt, der, wenn auch zu nützlichen Zwecken verwendet, immerhin ungeschmälert bleiben muß, wenn man ferner bedenkt, daß der Holzverbrauch der deutschen Glasöfen ohnehin eine ungeheure Höhe erreicht hat; — so ist leicht einzusehen, daß die Glasbereitung aus Kochsalz und den daraus abgeleiteten Salzen, also von Salzen, welche mit dem Holzverbrauch in keinem ähnlichen Zusammenhange stehen, in staatswirthschaftlicher Beziehung von großer Wichtigkeit ist. Man rechnet z. B. auf einen einzigen Glasofen im Oesterreichischen jährlich 400 Ctnr. Potasche, welche (das Lannenholz zu 0,25 pCt. Asche oder 0,065 pCt. Potasche gerechnet) im allergeringsten Fall auf 615400 Ctnr. = 50700 Stücken h. Lannenholz anzuschlagen sind, wozu noch ein jährlicher Bedarf von 3270 St. h. für die Feuerung hinzukommt. — Es ist bekannt, daß, wenn Kochsalz mit Sand zusammengeglüht und Wasserdampf darübergeleitet wird, die Zersetzung in Salzsäure und Natronsilicat ohne Schwierig-

*) So heißt die Salzmasse, welche die Seifensieder durch Eindampfen der Unterlauge erhalten.

**) z. B. im Pfannenstein, S. 222.

keit und ziemlich vollständig vor sich geht. Es verdienen daher von Praktikern im Großen Proben darüber angestellt zu werden; denn wahrscheinlich ist die Darstellung einer Fritte nach dieser Art — wozu ein gewöhnlicher Flammofen dienen kann — und die Benutzung dieser Fritte als Rohmaterial der unmittelbaren Verglasung des Kochsalzes gegenüber um so mehr von Vortheil, als die Verflüchtigung des Kochsalzes nicht mehr im Schmelzofen stattfindet, mithin Häfen und Ofenwände viel mehr geschont werden.

Ganz ebenso und mit denselben Maßregeln kann schwefelsaures Kali benutzt werden, wo solches zu haben ist, nur ist weniger Kohle, nämlich 7 % vom reinen trocknen Salze nöthig. — Nach dem Angeführten begreift sich die Verwendung der ausgelaugten Asche (des Aschers der Potasche- und Seifensieder) und des Seifensiederflusses von selbst.

Jeder Kalkstein ist anwendbar, wenn er sich nach dem Brennen und Löschen nicht zu mager verhält. Im entgegengesetzten Falle ist derselbe entweder mit Bittererde oder Thon behaftet, welche beide das Glas strengflüssig machen. Kalk, welche kohlensaures Eisenorydul führen, müssen von dem Satz zu weißem Glase ausgeschlossen bleiben. Die Verwendung ungebrannter Kalksteine im gepulverten Zustande ist zwar zulässig, z. B. der gemahlenen Kreide, doch zieht man meistens den gebrannten, an der Luft zerfallenen Kalk vor, insofern derselbe feiner ist und weniger Kohlensäure entwickelt. Wenn ein Glasatz mehr Kalk enthält, als die Kiesel Erde des Satzes zu sättigen vermag, so wirkt sich der Ueberschuß auf die Ziegelmasse und entzieht dieser Kiesel Erde, wodurch die Schmelzgefäße bald durchfressen und unbrauchbar werden. Deshalb ist es nicht rathsam, mehr als 20 Th. Kalk auf 100 Th. Sand zu nehmen.

Die bleihaltigen Gläser werden aus einem Glasatz mit Bleiglätte (PbO) oder Mennige (Pb₃O₄) geschmolzen. Die letztere wird darum vorgezogen, weil sie feiner zertheilt, pulveriger ist, und im Glashafen in gewöhnliches Bleioryd und Sauerstoff zerfällt, welcher letztere viele verunreinigende Stoffe (Kohle etc.) oxydirt und entfernt. Beide Dryde sind im Handel fast immer mit Kupferoryd und Eisenoryd verunreinigt, welche um so nachtheiliger wirken, als das Bleiglas weit empfindlicher gegen färbende Metalloxyde ist, wie gewöhnliches Glas. Aus diesem Grunde pflegt man — wenigstens in England — die Mennige durch Glühen von reinem Blei in Flammöfen ganz besonders für Glashütten, oder in diesen selbst darzustellen und verbindet damit die Abscheidung des Silbergehaltes. Ein Ueberschuß von Blei wirkt nachtheilig auf die Schmelzgefäße und erzeugt neben zu großer Weichheit des Glases, auch einen Stich in's Gelbe. Bleiweiß, Schwefelblei und schwefelsaures Blei werden selten angewandt, doch verdient letzteres, als wohlfeiles und sehr reines Nebenproduct (der Rattunfärbereien etc.) Beachtung. — Schon aus den Analysen S. 393. geht hervor, daß die Bleigläser nur mit Potasche, nicht mit Soda, geschmolzen werden. Der Grund liegt in einer bläulichen Farbe, welche durch die Soda hervorgebracht wird und bei den so massiven Bleiglaswaaren zu stark hervortritt; dünner gearbeitet würden sie aber zu leicht beim Kühlen die Form verlieren.

An einigen Orten wird dem gemeinen Flaschenglas Schwerspath (SO₃, BaO) zugesetzt, um die Masse leichtflüssiger zu machen.

Salf.

Poi.

Bacht.

Berggläserne
Mineralien.

Viele mehr oder weniger zusammengesetzte schmelzbare Verbindungen der Kieselsäure können zu Glas benutzt werden. Dahin gehören: der Feldspath der Basalt, Bimsstein, Klingstein, Lava, Lehm (eisen- und kalkhaltiger Thon), Mergel (kalkhaltiger Thon) u. a., wovon die meisten nur zu ordinärem Glas gebraucht werden können. Einige, wie die Basalte, können ohne weiteren Zusatz zu einem (sehr gefärbten) Glase geschmolzen werden, andere sind zu strengflüssig, wie der Feldspath, und müssen mit Kalk und Alkalien versetzt werden. — Ein Blick auf die nachstehenden Analysen giebt sogleich diese Unterschiede zu erkennen. Man fand in:

	Bimsstein von Lipari	Basalt vom Hasenberg	Pechstein v. Meissen	Gemeiner Feldspath	Glastiger Feldspath von Passilippo
Kieselerde . .	77,5	44,5	73,0	65,52	67,87 . . 48,83
Kali	} . . 3,0	} . . 2,6	} . . 1,75	14,73	6,68 . . —
Natron				Spur	2,86 . . —
Kalk	—	9,5	1,00	0,60	3,16 . . 10,16
Bittererde . .	—	2,2	—	—	1,40 . . 13,61
Eisenoxydul . .	—	—	—	—	— . . 18,75
Thonerde . .	17,5	16,0	14,5	19,15	15,72 . . 7,48
Eisenoxyd . .	1,7	20,0	1,0	—	2,41 . . —
Fluor	—	—	—	—	— . . 0,41
Wasser	—	2,0	8,5	—	— . . 0,50

In England hat man versucht, einen quarzarmen Granit mit kaolinartig verwittertem Feldspath, Cornish-stone genannt, zu Glas zu benutzen. In ähnlicher Weise kann man die Schlacken der Hohöfen und andere künstliche Producte der Art verarbeiten. In Valenciennes sind in mehreren Hütten Gläser durch bloßes Einschmelzen eines bläulichbraunen Seeschlammes von Dünkirchen erhalten worden, worin Pelouze und Vaudrimont

Kieselerde	43,75
Thonerde	13,82
Kohlensf. Kalk	36,28
Eisenoxyd	0,36
Schwefels. Natron und Kochsalz	2,75
Organ. schwefelhaltige Substanz	1,86
Verlust (Spur von Jod)	1,18
	<hr/> 100,00

fanden.

Entfärbungs-
mittel.

Selten oder niemals fallen weiße Gläser, selbst bei richtigen Verhältnissen und möglichster Reinheit der Gemengtheile, ohne Weiteres farblos aus. Immer sind es zwei Feinde der Farblosigkeit, Kohle, oder kohlenhaltige Theile und Eisen, welche vorzugsweise durch die sogenannten Entfärbungsmittel beseitigt werden sollen. Unter diese gehören: der Braunstein, Arsenik und Salpeter. In allen Fällen beruht die Entfärbung auf einer Drydation. Wenn nämlich Kohlentheile oder Ruß aus der Flamme von der flüssigen Glasmasse umwickelt und einge-

geschlossen werden, so können dieselben, weil außer Berührung mit der Luft, nicht mehr verbrennen. Die Folge ist eine Vertheilung, gleichsam ein Zergehen der Kohle und eine sehr intensive, braune, in's Schwarze ziehende Färbung. Bei Gegenwart jener Mittel nun wird Kohlenoxyd gebildet, welches unter Entfärbung der Masse entweicht. Inwiefern die Drydation auf das Eisen entfärbend wirkt, ist bereits entwickelt worden. — Der Braunstein im Ueberschuß angewandt bildet ein schweres Manganoxydglas, welches die Masse am Boden der Gefäße violett färbt. — Der Salpeter wirkt eher, als die Schmelzung des Glases eintritt; arsenige Säure, Arsenikssäure oder deren Salze wirken dagegen über die Schmelzhitze hinaus und werden als Arsen oder arsenige Säure verflüchtigt. — Die Schmalte, mit Unrecht zuweilen den Entfärbungsmitteln zugezählt, ist ein blaues Glas (s. u.), welches die Mißfarbe des Glases in ähnlicher Art maskirt, wie die Bläue den gelben Stich der Wäsche. —

Eine ganz besondere Erwähnung als unentbehrlicher Zusatz beim Sage verdienen die Glasbrocken oder Scherben (Bruchglas). Sowohl was auf der Hütte abfällt, als auch was außenherum gesammelt und eingebracht wird, muß mit Sorgfalt sortirt, gereinigt und gepocht dem Satz zu gleichartigen Gläsern einverleibt werden. Die Glasbrocken haben — abgesehen davon, daß sie zu Gut gemacht werden — die höchst wohlthätige Wirkung, den Fluß und somit die Bindung der Basen und der Kieselsäure zu vermitteln. Dabei hat man sich ja zu hüten, daß keine Scherben geringeren Glases unter einen Satz von besserem kommen. So wird selbst beim feinsten Glase dasjenige, was von den Hasen abfließt (das Heerdglas) und sich im Heerde mit Asche vermengt, stets nur einer geringeren Sorte zugefetzt. —

Die Glasbrocken.

Die Schmelzöfen in den Glashütten haben nicht allein die Bestimmung, die Gemengtheile des Glasfases chemisch in der Glühhitze zu vereinigen, sondern dienen auch nach jeder vollbrachten Schmelzung dazu, das fertige Glas für die weitere Verarbeitung auf dem richtigen Grade der Flüssigkeit zu erhalten. Es muß also die Glasmasse, wie sich von selbst versteht, bei der Verarbeitung, aber auch schon bei der Schmelzung wegen des Umrührens u. von außen zugänglich sein. Ferner erheischt das Aufwärmen (wiederholte Erhizen) der Arbeitsstücke, welches immer in dem Glasofen geschieht, durchaus ein Flammfeuer. Wenn also ein solches auf der einen Seite geradezu nothwendig ist, so ist die Heizung der Schmelzgefäße durch unmittelbare Berührung mit dem Brennstoff auf der andern Seite um so weniger thunlich, als eine schädliche Verunreinigung die unvermeidliche Folge sein würde. Der Feuerraum und der Arbeitsraum der Ofen müssen daher nothwendig von einander getrennt sein und letzterer darf seine Hitze nur durch die Flamme empfangen, welche aus dem Brennstoff in ersterem entwickelt wird: alle Glasöfen gehören mithin unter die Klasse der Flammöfen. — Bei dem hohen Hitzgrade, wie ihn die Natur der Sache einmal erheischt, ist leicht zu denken, daß nicht jede Art von Brennstoff zweckdienlich ist. Man wird denjenigen vorziehen, welcher die heißeste und lebhafteste Flamme giebt und womöglich die geringste Beschädigung des Glases und der Ofenwände durch Flug-Asche verursacht. In Deutschland wird das Holz am häufigsten, an wenigen Orten auch Torf gebraucht; in England, Frankreich u. wenigstens Stein-

Von dem Brennstoffmaterial.

Kohlen. Das beste lufttrockene Holz würde, seines Wassergehaltes (von 15 bis 20 pCt.) wegen, bei weitem hinter der gewünschten Wirkung zurückbleiben. Deshalb hat man von alten Zeiten her das lufttrockene Holz in besonderen Defen (s. u.) gedarrt, d. h. bis zum beginnenden Braunwerden, mithin bis zur gänzlichen Verflüchtigung des Wassers erhitzt. Selbst diese Vorsicht ist nicht ausreichend, wenn man nicht — wie es dann geschieht — weiche und wasserstoffreiche (vergl. S. 62.) Hölzer wählt und diese sehr klein spaltet. Kleingespaltenes Holz verbrennt nämlich rascher wegen vermehrter Berührung mit der Luft ohne Rauch und entwickelt seine Wärme in kürzerer Zeit und giebt, wenn auch nicht mehr Wärme, doch eine intensivere Hitze. — Die Steinkohlen müssen zwar eine lange Flamme geben, doch nicht zu backend sein, weil sonst die Coaks den Koft verstopfen und die Leitung des Feuers erschweren. Vom Torf endlich wird neben vollkommener Trockenheit noch verlangt, daß er nicht zu viel Asche hinterläßt.

Die Defen.

Die Herstellung der Schmelzöfen — dies gilt für Glasorten jeder Art — ist mit ungewöhnlichen Schwierigkeiten verknüpft. Einer Temperatur von 12000° C., wie sie in den Glasöfen herrscht, widersteht die Mehrzahl der gewöhnlichen Baumaterialien gar nicht, indem sie reißen oder in Fluß gerathen, während die unschmelzbarsten Stoffe, wie man sie wirklich zur Errichtung der Defen benützt, nämlich feuerfester Thon, auch Sandstein und Talk, verhältnißmäßig nur kurze Zeit ausdauern. Der Grund liegt in der fortwährenden Verflüchtigung von Kali und Natron aus dem Glasfluß — man rechnet bei der Potasche z. B. fast den vierten Theil — und der Anziehung der Thonwände gegen diese Dämpfe. Aus der feuerbeständigen, binären, mit viel freier Kiesel Erde vermengten Verbindung von Kieselsäure und Thonerde (dem Thon) wird durch Aufnahme von Alkali eine ternäre, schmelzbare, welche fortwährend an der inneren Fläche niederschmelzend, die Wände des Ofens bald bis zur völligen Unbrauchbarkeit zerfrisst. Die höchste Dauer ist die der englischen Bleiglasöfen, welche — freilich bei einem vortrefflichen Thon und sehr leichtflüssigem Glase, also nicht so hoher Temperatur — 4 bis 5 Jahre halten. Ein Ofen für gewöhnliches (nichtbleihaltiges) Glas dauert selten länger als 18 Monate. — Abgesehen von der möglichsten Dauer des Ofens und dem hinreichenden Hitzegrade, ist es eine wesentliche Bedingung, daß dieser Hitze grad in allen Theilen des Schmelzraums möglichst gleichförmig herrsche und überhaupt die Temperatur leicht so gesteigert oder gemindert werden kann, wie es die Dick- oder Dünnflüssigkeit des Glases verlangt, also je nachdem man im Schmelzen, oder im Verarbeiten des fertiggeschmolzenen Glases begriffen ist. Die erste Bedingung — die gleiche Vertheilung der Hitze — macht es unthunlich, die Flamme, wie bei den gewöhnlichen Flammöfen, von der Seite her eintreten und über den Schmelzraum hinwegstreichen zu lassen; es sei denn, daß man — wie bei dem neuerdings von Ragon angegebenen Ofen — weniger Schmelzgefäße nimmt und die dem Feuerheerd entfernteren kleiner wählt. Bei den gewöhnlichen Schmelzöfen ist die Einrichtung eine ganz andere, ohne daß sie übrigens aufhören Flammöfen zu sein. Der Feuerraum und der Schmelz- (Arbeits-) Raum liegen senkrecht übereinander; der Koft empfängt den Brennstoff von den zwei

gegenüberstehenden (schmalen) Seiten her und treibt die mächtige Flamme, die sich daselbst entwickelt, durch eine besondere längliche Oeffnung oder weiten Schlitz, die Pipe genannt, hinauf in die Mitte des Feuerraums, der einige Zoll höher liegt. Dort umspielt die Flamme, die zu beiden Seiten der Pipe auf einer Art Gesims, der Bank oder dem Gefäß, aufgestellten Schmelzgefäße, erhitzt diese zuerst von der Seite, dann aber auch, durch das Ofengewölbe gebrochen, von oben, um endlich durch seitwärts angebrachte Oeffnungen in die Nebensofen zu entweichen, welche dadurch mitgeheizt werden und zum Kühlen, Anwärmen der Schmelzgefäße, Calciniren u. dienen. — Bei der Errichtung eines Ofens hat man besonders darauf zu sehen, daß das Fundament gehörig trocken liegt und mit Kanälen zum Abziehen der Feuchtigkeit, dem gefährlichsten Feind einer guten Wirkung, nach allen Richtungen versehen wird. Darauf geschieht die Errichtung des Ofengebäudes meistens aus Thon, — welcher möglichst frei von Eisen und Kalk sein soll, und um die Zusammenziehung im Feuer zu vermindern, einen Zusatz von gebranntem Thon derselben Gattung, so wie größerer Strengflüssigkeit halber einen Zusatz von reinem Sand erhält, so viel als seine Knetbarkeit erlaubt — und zwar: entweder aus weichen Thonziegeln, oder aus bereits luftgetrocknenen, oder endlich aus gebrannten Steinen. — Im ersten Fall läßt man den Thon so weit abtrocknen, daß eine 30" hoch niederfallende Bleikugel eben noch einen Eindruck macht; in diesem Zustande lassen sich die mit Thonbrei bestrichenen Ziegel durch Schlagen mit flachen Brettern so fest verbinden, daß der fertige Ofen so gut wie aus einem Stück geknetet ist. Wie natürlich kann man keinen eigentlichen Mörtel anwenden, weil dieser mit den benachbarten Thonflächen einen Glasfah bildet und schmelzen würde. Deshalb verbindet man die Fugen lediglich mit einem Brei desselben feuerfesten Thons, woraus die Ofenziegel bestehen. Je langsamer das Austrocknen von statten geht, um so gleichmäßiger zieht sich die Thonmasse zusammen und um so weniger hat man Risse zu befürchten. In der That geschieht die Austrocknung anfangs lediglich in der Luft, wobei der Ofen noch obendrein mit Packtuch bedeckt wird; nur von Zeit zu Zeit sucht man durch wiederholtes Schlagen die trocknende Masse dichter zu machen. Erst nach 4 bis 6 Monaten kann man es wagen, die Trocknung dadurch zu unterstützen, daß man in der Nähe des Ofens ein schwaches Feuer anzündet, damit langsam gegen den Rost vorrückt, dasselbe endlich auf diesen verpflanzt und allmählig während 7 weiteren Wochen auf die Schmelzhitze verstärkt. — Viel rascher geht der Aufbau mit luftgetrocknenen oder gebrannten Steinen vor sich, gewährt jedoch bei weitem nicht dieselbe Dauerhaftigkeit, weil der als Mörtel dienende Thonbrei und die Steine ungleich schwinden, wodurch Fugen entstehen, die sich bald durch die alkalischen Dämpfe ausschmelzend erweitern. Luftgetrocknete Steine können größer angewendet werden und gewähren weniger Fugen. In keinem Fall darf ein langsames Austrocknen veräuht, und das Anfeuern vor Ablauf von einigen Wochen begonnen werden. — Man hat beobachtet, daß ein neuer Ofen, von dem Zeitpunkt an gerechnet, wo man volles Feuer auf dem Rost giebt, dessen ungeachtet noch lange nicht die eigentliche Schmelzhitze im Schmelzraum erzeugt, so daß man auch für die ersten 3 bis 4 Wochen, anfangs nur Glasbrocken, später nur einen Saß von leichtflüssigerer Zusammensetzung

Die Häfen.

verarbeiten kann. Auch gegen Ende der Campagne (so nennt man die Arbeitsdauer eines Ofens) verschlechtert sich der Zug in Folge der Veränderung seiner Verhältnisse so sehr, daß man die Kieselsäuremenge des Sages allmählig und so weit es die gute Beschaffenheit des Glases erlaubt, vermindern muß. — Der Arbeitsraum der Ofen ist bald oval, bald viereckig, bald zu 4, bald zu 6, ja 8 bis 10 Schmelzgefäßen eingerichtet. Diese letzteren heißen »Häfen«; nur ganz große Tiegel, wie in den Spiegelgießereien, nennt man »Wannen«. Die gewöhnlichste Form ist die eines abgestuften Kegels, von durchweg kreisrundem Querschnitt, oder nach oben oval. Bei 24 Zoll Höhe und ebenso viel Weite genügt eine Stärke von 3 Zoll; der Hafen faßt alsdann ungefähr $2\frac{1}{2}$ Ctr. Glas. Zu Flaschenglas werden die Häfen bis 4 Fuß hoch angefertigt, noch höher zu Spiegelglas. Wenn man erwägt, daß die Hafenwände selbst aus dem besten feuerfesten Thon, zufolge seiner chemischen Natur, unter Bildung eines Thonerglases langsam aufgelöst und endlich durchfressen werden, — daß zum Behuf des Auswechsels, der Ofen aufgebrochen werden muß, um durch die entstandene sehr große, eine unerträgliche Hitze ausstoßende Oeffnung, den weißglühenden Hafen heraus- und einen neuen ebenfalls weißglühenden einzuschieben, daß mithin bei diesem höchst anstrengenden und beinahe gefährlichen Unternehmen eine Masse von Wärme verloren geht, viel Glasmasse in den Ofen fließt und eine nachtheilige Störung im Gange des Ofens eintritt: so wird man begreifen, warum die Anfertigung der Häfen sowie die Auswahl des Thons dazu, ein Gegenstand von so großer Wichtigkeit ist. Jenes langsame Durchfressen wird nämlich dann am meisten verzögert, wenn der Thon ganz, oder nahe frei ist von Substanzen, welche ihn schmelzbar machen, wie Eisen, Kalk, Alkalien u. Im Thon eines Glashafens von Remour fand Berthier auf 100 Kieselerde: 47,4 Thonerde und 1,1 Eisenoryd; in einem solchen aus Böhmen 42,8 Thonerde, 3,2 Eisenoryd und 0,7 Bittererde. — Vor der Verarbeitung versetzt man den frischen Thon mit feingemahlenem gebrannten Thon derselben Gattung ($\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{5}$) und sucht die Wände und den Boden, welche durch stückweises Einkneten in eine hölzerne, inwendig mit nasser Leinwand ausgelegte Form hergestellt werden, durch Schlagen möglichst dicht zu machen. Nachdem die Form auseinandergenommen und die Leinwand abgezogen, wird der Hafen auswendig nachgebessert und einige Monate zum Trocknen in die Luft gestellt. Zuvor schneidet man jedoch die scharfe Kante um den Boden herum weg, wodurch eine einspringende Fläche, die »Barge« entsteht, welche zum bequemeren Aufheben des Hafens dient. Zum Einsetzen werden möglichst alte und nur ganz lufttrockene Häfen genommen, welche erst bei langsam steigender Wärme in einem Nebenofen, dem »Temperofen« glühend gemacht und dann in den Schmelzofen eingefahren werden. Die verschiedenen Glashütten liefern die Häfen von sehr ungleicher Güte, was theils in der Beschaffenheit des Thons, theils in der Arbeit liegt. Englische Glashäfen aus Stourbridge-Thon halten 6 Monate und mehr, deutsche in der Regel nur 4 bis 6 Wochen. — Wollte man in einem neuen Hafen unmittelbar Glasflüssigkeit verschmelzen, so würden die Flußmittel (Alkalien, Bleioryd), welche früher flüssig werden, ehe sie an die Kieselsäure gebunden sind, die Tiegelwände mit Heftigkeit zerfressen, gerade so, als ob man eine Zeitlang darin bloße

Potafche z. B. geschmolzen hätte. Um diesem Nachtheil vorzubeugen, pflegen die Glasmeister vorläufig etwas Glasbrocken einzuschmelzen und über die Hafenwände auszubreiten; dadurch dringt die Glasmasse einige Linien tief in den Thon ein und bildet damit ein hartes sehr strengflüssiges Glas, welches, als eine Art Glasur, die Thonmasse vor den Flußmitteln schützt. Dies ist, was man das »Einglasen« oder »Ausfüllen« der Häfen nennt.

Es ist schon bemerkt worden, daß man durch inniges Mengen und feine Zertheilung der Materialien sehr bedeutend an Schmelzzeit und also auch an Brennstoff erspart. Stampfmühlen und Quetschwerke sind daher nothwendige Hülfsmittel auf den Glashütten. Das Mengen der Bestandtheile wird entweder in Trögen, oder besser noch in langsam umlaufenden Rollfässern verrichtet, ähnlich wie in den Pulvermühlen.

Es würde natürlich ganz und gar verfehlt sein, wenn man mit dem bloß mechanisch vorbereiteten Säge so ohne weiteres die Häfen beschicken wollte; denn unfehlbar würde eine kalte Masse von mehreren Centnern, mit ihrem nicht unbedeutenden Feuchtigkeitsgehalt, welcher theils von hygroskopischem, theils von Hydrat-Wasser herrührt, eine Abkühlung des Ofens hervorrufen, die nur durch einen großen Aufwand an Brennstoff und Zeit auszugleichen wäre. Auch würde die Glasmasse durch die vielen kohlenhaltigen, verbrennlichen Theile der Asche zc. in stärkerem Grade gefärbt werden, als sie Entfärbungsmittel verträgt. Daher der Gebrauch (welcher zwar nicht in allen, aber doch in den besseren Glashütten befolgt wird), den Säge vorher auf der Sohle eines Nebenofens eine Zeitlang zu Glühen und rothglühend in die Häfen einzutragen, ein Gebrauch, der um so empfehlenswerther ist, als dazu wenig oder kein besonderes Feuer nöthig und die weißglühenden Häfen gern durch die plötzliche Berührung mit der kalten Masse reißen. In dem Flammofen wird die Feuchtigkeit vollkommen ausgetrieben und alle färbende, Kohle absetzenden Theile, größtentheils verbrannt und weggeschafft.

In früherer Zeit pflegte man die Glassäge allgemein so stark zu erhitzen, daß eine anfangende Schmelzung oder vielmehr ein Zusammensintern eintrat, wobei die Kieselsäure schon auf die Basen einwirkte, zum Theil die Kohlen säure austrieb und eine sogenannte »Fritte« entstand. Da hierzu schon ein größerer Hitzgrad gehört, so ist man neuerdings, bis auf wenige Fälle, von diesem an sich vortheilhaften, aber nicht gerade nothwendigen Verfahren wieder zurückgekommen. Ein wesentlicher Vorthail besteht nämlich bei der Fritte darin, daß die Basen, schon an die Kieselsäure mehr oder weniger gebunden, nicht wie bei dem gewöhnlichen Säge zuerst für sich allein schmelzen und sich verflüchtigen und bis dahin, wo die Glasbildung ihren Anfang nimmt, die Häfen und Ofenwände beschädigen *).

*) Was man in den österreichischen und böhmischen Glashütten »Schmelz« nennt, ist ein vorläufig und unvollkommen zusammengeschmolzenes Gemenge von ausgelaugter Asche und Sand, also eine wirkliche Fritte. Es wird ganz am Ende der Campagne, wenn der Ofen bereits für den gewöhnlichen Dienst untauglich ist, in den Häfen erzeugt und nach dem Ausschöpfen mit Wasser abgeschreckt (»geschrenzt«), um später beim eigentlichen Glas schmelzen als Rohmaterial zugesetzt zu werden.

Das
Schmelzen.

Sobald die in dem Temper- oder Aufwärmofen befindlichen Häfen die Glühhöhe erreicht haben, werden sie in den Schmelzofen eingefahren, die Aufbruchlöcher vermauert und das Feuer 6 bis 8 Stunden lang gesteigert, bis die Schmelztemperatur erreicht ist. Alsdann ist es Zeit mit dem Eintragen des entweder bloß calcinirten oder auch gefritteten Sazes zu beginnen, was indessen nicht auf einmal geschehen kann. Die Quantität Glas, welche einen Hafen gerade füllt, nimmt nämlich vor dem Schmelzen, als Saz, wenigstens den doppelten Raum ein. Selbst wenn der Hafen im Stande wäre, den ganzen Saz zu fassen, so würde man doch Gefahr laufen, daß die Masse überschäumt und in der Mitte einen festen Kern ansetzt, welcher der Auflösung sehr lange widersteht. Deshalb trägt man mittelst der Schaufeln vorläufig $\frac{1}{3}$ des Sazes durch die Arbeitsöffnungen ein und läßt die beiden anderen Drittheile nach einander erst dann folgen, wenn jedes vorhergehende soweit niedergeschmolzen erscheint. In diesem Zeitpunkt ist aber die vollständige Bindung und Auflösung aller Theile noch lange nicht erfolgt und erreicht ihre Vollendung erst in der jetzt eintretenden Periode der eigentlichen Schmelzung, welche damit beginnt, daß man die Arbeitsöffnungen zusetzt und durch vermehrtes Schüren die Temperatur auf eine Höhe steigert, wie sie der durchgreifenden Verflüssigung und chemischen Einwirkung der Bestandtheile auf einander angemessen ist, ohne eine übermäßige Verflüchtigung von Alkali zu bedingen.

Schon während der vorhergehenden Arbeiten und gegen Ende, am meisten aber in der gegenwärtigen Periode — also ohne Unterbrechung während der ganzen Ofencampagne, doch in verschiedenem Grade — nimmt das Schüren die ungetheilte Aufmerksamkeit und Thätigkeit eines Arbeiters ausschließlich in Anspruch, welcher den Ofen unaufhörlich und in raschem Schritt umkreisend, bei seiner jedesmaligen Ankunft an einem der Schürlöcher, eine Handvoll gedörrten Holzes oder eine Schaufel Kohlen auf den Rost wirft. Natürlich macht diese anstrengende Verrichtung eine zeitige Ablösung durch einen Kameraden nothwendig. Unterdeß sind die Schmelzer beflissen, durch wiederholtes Probeziehen den Fortgang der Schmelzung zu verfolgen; sie ziehen nämlich von Zeit zu Zeit mittelst des »Randkolbens«, eines kurzen, unten plattgeschmiedeten Eisenstabes, einen Tropfen aus dem Hafen und untersuchen, ob sich nach dem Erkalten noch viel ungelöste Sandkörner zc. unterscheiden lassen oder nicht, und ob die Masse, welche noch eine Menge Luftblasen einschließt, in sich gleichförmig erscheint. So lange nämlich das Entweichen von Kohlensäure noch mit einiger Festigkeit stattfindet, bewirkt diese durch das Aufsteigen der größeren Blasen eine höchst förderliche Bewegung, gleichsam ein Umrühren, wodurch die anfangs entstehenden Verbindungen ungleicher Zusammensetzung und Dichtigkeit gehörig unter einander gemengt werden; später dagegen wenn die Gasentwicklung nachläßt, finden die dichteren Theile um so mehr Gelegenheit, sich zu trennen und am Boden abzulagern, als die Temperatur an diesem Punkte bedeutend (ungefähr um $\frac{1}{4}$) niedriger ist, als im oberen Theile des Hafens und mithin keine Ausgleichung dieses Uebelstandes durch eine aufsteigende Strömung bewirken kann. Man hilft sich in diesem Fall entweder durch Umrühren mit der Schöpfkelle, oder dadurch, daß man ein Stück weißen Arsenik bis auf den Boden des Hafens nie-

derstößt, um von da aus eine gewaltsame Dampfbildung zu erzwingen. — Nach beendigter Schmelzung ist der Inhalt der Häfen im Ganzen nichts weniger als rein und gleichförmig. Zwar ist alles Feste aufgelöst, aber die Glasmasse ist voller kleiner Gasblasen, mehr schwammig, als dicht, und zum Verarbeiten vor der Hand ganz unbrauchbar. Auch schwimmt auf der Oberfläche eine Schichte sogenannter »Glasgalle«, d. h. ein geschmolzenes Gemenge aller im Lauf der Schmelzung nicht verflüchtigter, noch von der Kieselsäure gebundener alkalischer Salze; hauptsächlich Chlorkalium (=Natrium) und schwefelsaure Salze, soweit diese durch mangelhafte Zersetzung der Entglasung entgangen sind. Wenn diese Glasgalle in größerer Menge auftritt, so ist es ein Zeichen eines übelbeschaffenen Sages; sie wird alsdann mit Kellen abgeschöpft und durch Verkauf an Salpeter-, Alaunsieder, Bronze-Arbeiter u. verwerthet; bei feineren Glasfäßen aus reineren oder gereinigten Materialien, wo man also statt Asche und roher Potasche oder Soda, nur gereinigte anwendet, entsteht entweder keine Galle oder so wenig, daß sie von selbst durch Verflüchtigung beseitigt wird.

Es erfolgt nun die letzte Periode des Glasmachens, das »Läutern«, Die Läuterung. welches zum Zwecke hat, das chemisch fertiggebildete Glas von den Luftblasen und von den noch vorhandenen Unreinigkeiten, z. B. etwaigen ungelösten Sandkörnern u. zu befreien und überhaupt zum Verarbeiten zu reinigen. Diese Reinigung ist eine einfache Trennung des Ungleichartigen durch Ruhe, eine Art Dekanthation, wobei sich die schwereren Theile an den Boden, die Glasblasen an die Oberfläche begeben und zerplagen. Es ist leicht einzusehen, daß dieser Vorgang nur dann mit Erfolg von statten gehen kann, wenn die Glasmasse so dünn wie möglich ist, also der Bewegung des Fremdartigen so wenig Widerstand als möglich entgegensetzt; darum muß denn auch die Hitze des Ofens auf das Höchste gesteigert und so lange auf dieser Höhe erhalten werden, bis die Masse brauchbar erscheint. In Bezug auf die Temperatur heißt darum auch die Zeit der Schmelzung und Läuterung zusammen das »Heißschüren«. Während dieser Zeit, welche stets mehrere Stunden umfaßt, geht, außer der Verflüchtigung von noch etwas Alkali, keine chemische Veränderung mehr vor sich, aber mechanisch zeigen sich die gezogenen Probetropfen mehr und mehr von Blasen frei und gleichförmig, bis deren richtige Beschaffenheit den Schmelzer die Läuterung als geschlossen betrachten läßt. Die Glasmasse, nunmehr in jeder Beziehung fertig, kann übrigens nur bei einem gewissen Grade von Zähflüssigkeit, also nur bei einer gewissen Temperatur, welche während des »Heißschürens« beträchtlich überschritten ist, zu Glaswaaren verarbeitet werden. Mit der eingetretenen Läuterung tritt deshalb nicht unmittelbar die Verarbeitung ein, sondern das »Kalt-schüren« d. i. ein Sinkenlassen der Ofenhitze bis auf den Grad, welcher der Bearbeitbarkeit (Glasbarkeit) des Glases entspricht.

Dieses »Ablassen« des Ofens, wie es auch wohl heißt, wird dadurch eingeleitet, daß man mit dem Schüren $\frac{1}{2}$ oder $\frac{3}{4}$ Stunden lang gänzlich aufhört und diese Zwischenzeit dazu benützt, den Rost und die benachbarten Räume zu reinigen und aufzuräumen. Hierauf nimmt das Schüren in der Art seinen Fortgang, daß die Glasmasse möglichst gleichförmig auf der Temperatur der Zähflüssigkeit bleibt, was man theils durch mäßigeres Nachlegen, theils auch

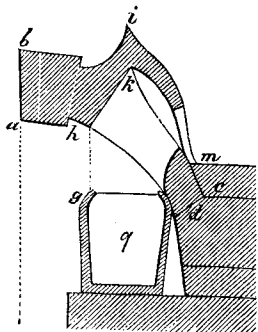
Das Kalt-schüren.

durch Anwendung dichter, weniger flammender Brennstoffe erreicht; ist z. B. das Heißschüren mit Nadelholz unterhalten worden, so dient das Buchenholz u. zum Kaltschüren. — Aus den Beobachtungen mit Wedgwood's Pyrometer ergibt sich für das Kaltschüren eine Temperatur von 70° , für das Heißschüren von 130° , was annähernd 5055° des 100theiligen Thermometers im ersten, und 9388° im zweiten Fall entspricht.

Fehler des
Glases.

Eine fehlerfreie, untadelhafte Beschaffenheit des Glases ist, wenigstens für eine ganze Schmelze, so gut wie unerreichbar, wenn auch ein großer Theil der erzeugten Waaren im Einzelnen davon frei ist. Die gewöhnlichen Fehler liegen stets in einer Ungleichheit der Masse, welche theils von einer unvollkommenen Läuterung, theils vom Hineinfallen fremder Stoffe herrührt. Ungelöster Sand bildet weiße Körner, ungelöste Salztheile weiße Flocken; solches Glas nennt man höckerig, sandig oder kräbig. Rauchige, neblige oder wolke Stellen sind mehr durch die Masse verbreitet, umfassender und entstehen gleichsam durch einen feinen Niederschlag, eine leichte oder dichtere Trübung darstellend. Oft sind unlösliche Stoffe, wie Knochenerde, Zinnoryd (vergl. Beinglas) oder auch eigenthümliche Umstände schuld, welche noch nicht genauer erforscht sind. — Blasen bleiben beinahe stets zurück und besonders dann in störender Menge, wenn zu große Strengflüssigkeit das Läutern unwirksam macht. Sogenannte Winden oder Fäden entstehen, wenn während des Blasens kältere Glastheile sich in dem Hafen als Fäden niederziehen und auf der Oberfläche der später geblasenen Waaren erhaben hervortreten, also nicht mehr vollkommen einschmelzen. Wellen, Schlieren oder Streifen, sehr gewöhnliche Mängel, welche besonders bei optischen und Fensterglas nachtheilig sind, zeigt eine Masse, wenn unbeschadet ihrer Durchsichtigkeit und Farbe, einzelne Partien das Licht stärker brechen als andere; wenn nämlich dichtere und weniger dichte Theile nach verschiedenen Richtungen durcheinanderziehen, so werden die Bilder durch das Glas gefeher Gegenstände verzerrt und verworren erscheinen, wodurch der Fehler sehr störend und augenfällig wird. — Eine ganz ähnliche, aber ungleich nachtheiligere Erscheinung, weil sie sich selbst durch Verschiedenheit der Farbe bemerklich macht, entspringt aus dem schon berührten Anfressen der Ofenwand durch die alkalischen

Fig. 138.



Dämpfe, besonders wenn mit Kochsalz oder schwefelsaurem Natron gearbeitet wird. In diesem Falle wird der über dem Hafen befindliche Theil des Gewölbes zumeist von den Dämpfen getroffen, die Kieselerde saugt das Alkali ein, bildet mit diesem und ihrem Eisen- und Thonerdegehalt ein grünes, sehr strengflüssiges Glas, welches von der hohlkrummen Oberfläche sich hinzieht und an der ersten besten Unebenheit oder von da, wo die Fläche mehr waagrecht liegt, in zähen Tropfen in den Hafen fällt. Weil diese Tropfen von der Glasmasse an Zusammensetzung und Schmelzbarkeit zu sehr abweichen, so senken sie sich, anstatt zu schmelzen, auf den Boden und hinterlassen einen fadenförmigen Schweif, der

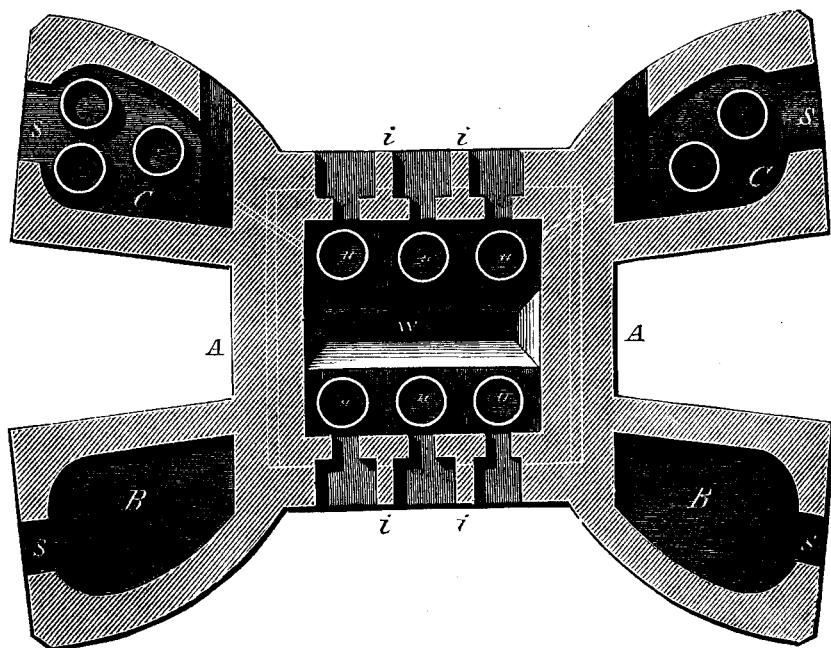
sich dann durch die Masse der Glaswaaren windet. Solche Rampen, wie man sie nennt, entstehen wohl auch, aber viel seltener durch Einwirkung des Glases auf die Häfenmassen. Gegen das Hineinfallen der Thonglastropfen schützt man sich nach Kirn sehr gut durch denjenigen Bau der Häfen und Gewölbe, welche die Fig. 138. wiedergiebt. Der Mauerring *a b c d*, welcher die Arbeitsöffnung einfaßt ist nämlich so groß, daß senkrecht von seinem Rande *h* (also in der Richtung *h g*) abfallende Tropfen nur höchstens noch auf den eingebogenen Rand des Hafens *q* fallen können. Ein zweiter leichterer Ring *i, k, m* verengt die Arbeitsöffnung auf den nöthigen Durchmesser. —

Fehler des
Glases.

Vom Hohlglase.

Unter dieser Benennung pflegt man Glasmassen von sehr abweichender Zusammensetzung und dem verschiedensten Grade der Feinheit zusammenzufassen, insofern die Ähnlichkeit der mechanischen Verarbeitung und der Hauptpunkte im Gange des Schmelzens eine gewisse Uebereinstimmung bedingt. Alle Arten hohler Gegenstände, wie Flaschen, Trinkgläser, Einmachgläser, Zugglaser für Lampen, Pokale, Glasröhren und chemische Glasgeräthe überhaupt, vom feinsten böhmischen Schleifglas bis zum ordinärsten grünen Flaschenglas sind in dieser Classe mitbegriffen *).

Fig. 139.



*) Wo die hierhergehörigen Gläser einen Gehalt von Blei besitzen — der in der Regel fehlt — so ist dieser immer untergeordneter Art und wegen Nebenzwecken vorhanden, z. B. um die Leichtflüssigkeit einigermaßen zu erhöhen.

Hohlglasöfen.

Die Einrichtung der gewöhnlichen Hohlglasöfen wird aus dem Beispiel eines sehr zweckmäßig gebauten 4eckigen Ofens für 6 Häfen, welcher für alle Sorten dieser Gattung gebraucht werden kann, und in Fig. 139. (s. vorige Seite) im waagrechten Durchschnitt in der Höhe der Bänke; in Fig. 140. im senkrechten Durchschnitt durch die Schürgeköpfe, in Fig. 141. in einem ebenfalls senk-

Fig. 140.

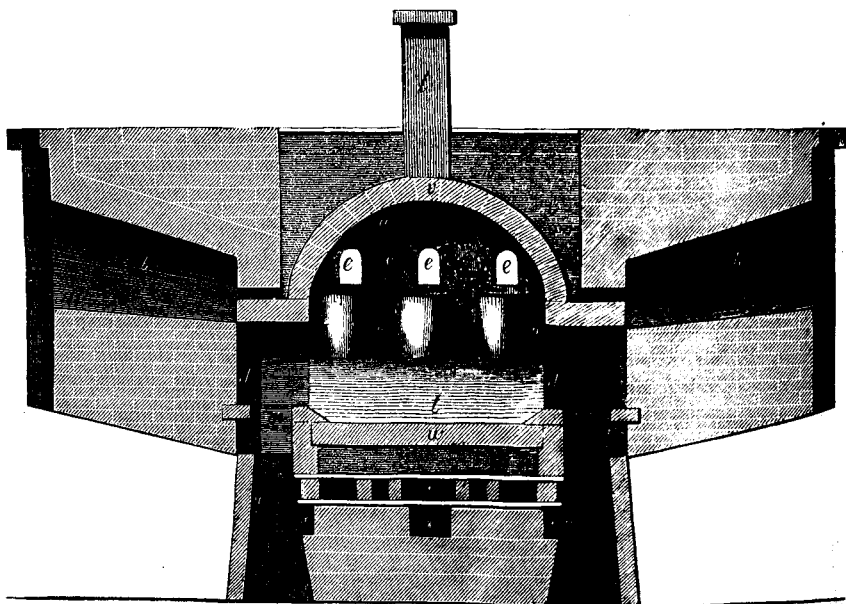
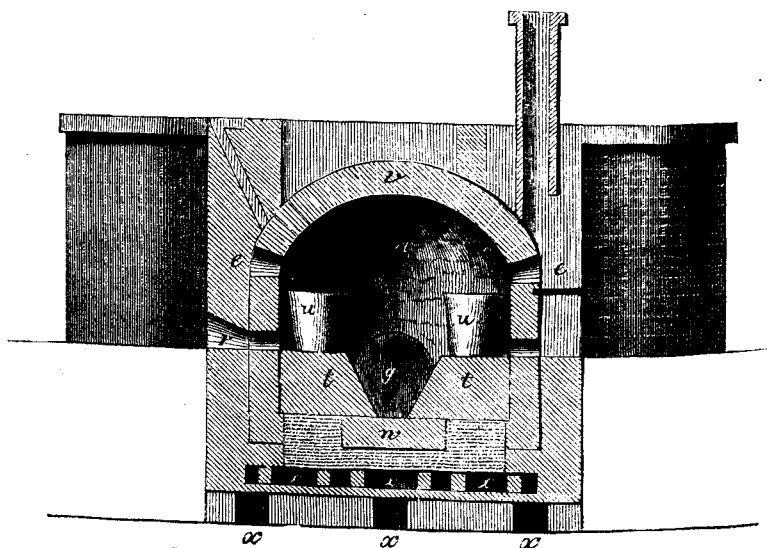
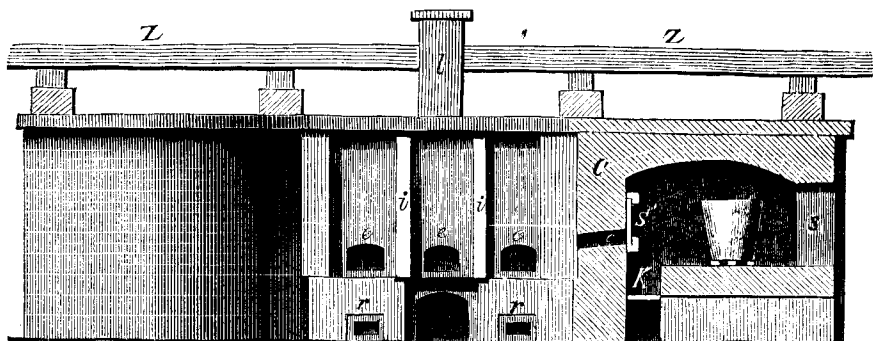


Fig. 141.



rechten Durchschnitt durch die Bänke und in Fig. 142. in der vorderen Ansicht Hohlglasofen, mit durchschnittenem Temperofen abgebildet ist, ersehen.

Fig. 142.



Mit dem Hauptofen *A* sind 4 Nebenöfen, nämlich zwei Kühlöfen *B, B* und zwei Temperöfen *C, C* in Gestalt von 4 Flügeln verbunden. Ueber dem Fundamente, worin sich die Abzugskanäle oder Abzuchten *x, x, x* befinden, liegt der Sohlenstein *w*, welcher den Boden der Pipe bildet. Ueber dem Aschenfall *y* sind die beiden Feuerherde mit den Rosten *m, m* und zwar einander gerade gegenüber angebracht; der Brennstoff wird denselben durch die Gewölbe *b, b* und *d, d* zugeführt, während die erzeugten Flammen sich von beiden Seiten her in der Pipe *g* Fig. 141. vereinigen, um von da aufwärts in den Hafenraum *a, a* zu schlagen, wo sie die Häfen *u, u, u, u* treffen, und — von dem, von 4 Seiten gesprengten Klostergewölbe *v* abprallend — endlich durch die 8 Zoll weiten Röhre *c, c* in die Nebenöfen entweichen, von denen zwei, nämlich *C, C* noch von einer besonderen Feuerung *k, k*, unterstützt werden können; mittelst der Schieber *S* Fig. 142. läßt sich die vom Ofen *A* kommende Flamme absperren. Die Pfeiler *i, i, i, i* scheiden die Standplätze der Glasbläser, welche durch die Arbeitslöcher *e, e, e . . .* zu der Glasmasse in den Häfen gelangen. Genau unter diesen sind die Aufbruchlöcher *r, r, r . . .* und dienen dazu, die Häfen, welche oft auf die Bänke festbacken, vor dem Ausfahren loszubreaken. Weil nun die Arbeitsöffnungen, um die Hitze zusammenzuhalten, möglichst eng angelegt werden und daher viel kleiner sind, als die Häfen, so sind zum Behuf ihrer Auswechselung in jedem Ofen zwei Oeffnungen, die »Hafenthore« vorgesehen, welche sonst immer vermauert, nur in einem solchen Fall auf kurze Zeit aufgebrochen werden. Zur Ableitung der Hitze und der aus dem Hafen aufsteigenden Dämpfe sind zuweilen Schornsteine *l* über einer oder mehreren Arbeitsöffnungen zugleich angebracht, welche übrigens ebenso häufig fehlen und überhaupt nicht wesentlich sind. Die Nebenöfen sind durch die Thüren *S, S, S . . .* zugänglich. — Auf dem Balkengerüste *z, z* ist Holz zum Trocknen aufgeschichtet. — Die Kuppe, d. h. das Gewölbe *v*, ist mit gewöhnlichen Backsteinen übermauert und der leerbleibende Raum mit Sand und Erde ausgefüllt. —

Die Schmelzöfen von rundem Querschnitt, obgleich sehr häufig gebraucht,

Hohlglasöfen. gewähren unter gleichen Umständen nichts desto weniger geringeren Vortheil, als die viereckigen. Wenn z. B. 6 Häfen aufgestellt werden sollen, und jeder 24 Zoll weit ist, so muß das Gewölbe des runden Ofens in der Höhe der Wänke wenigstens 96 Zoll Durchmesser, folglich einen Querschnitt von 7238 Q. Zoll haben; im viereckigen Ofen dagegen nehmen je 3 auf einer Seite stehende Häfen 72 Zoll und die Zwischenräume 6 Zoll ein, was für die Längsseite 78 Zoll bei einer Breite von 72 Zoll, also für den Querschnitt 5616 Q. Zoll giebt. Mithin hat man bei gleicher Höhe des Gewölbes im runden Ofen einen im Verhältniß von $5616 : 7238 = 7 : 9$, also um $\frac{2}{9}$ größeren Raum zu heizen, ohne daß derselbe darum mehr Glas faßt. Zudem lassen sich die viereckigen Öfen viel leichter mit den Nebenöfen verbinden, bieten jedoch für die Arbeiter weniger Platz und Bequemlichkeit, als runde.

Das Flaschenglas.

Sag. Duj.

Bei der Mischung des Sages ist hierbei möglichste Wohlfeilheit die vornehmste Rücksicht, gegen welche Farbe und Sauberkeit des Ansehens ganz und gar zurücktreten, weshalb denn die Entfärbungsmittel bei Flaschenglas gänzlich weggelassen. Wenn auch Gründe der Vertiklichkeit und andere Zufälligkeiten eine so große Mannichfaltigkeit in den Vorschriften zu den Glasfäßen hervorrufen, daß nichts Bestimmtes angegeben werden kann, so sind doch die nachstehenden Beispiele sehr geeignet, die Abweichungen zugleich mit der Regel zu veranschaulichen; sie sind auf je 100 Pfd. Sand berechnet:

Zu Champagnerflaschen nach Zählkel	Gemeines grünes Flaschenglas	Dunkelgrünes Fla- schenglas
200 Pfd. Feldspath	72 Pfd. Kalk	20 Pfd. trocknes Glaubersalz
20 „ Kalk	208—278 „ ausgelaugte Holzasche	18 „ Seifensiederfluß
15 „ Kochsalz		1 Scheffel (preuß.) ausge- laugte Asche
125 „ Eisenschlacken		39 „ Heerdglas
		179 „ Glasbrocken (grüne)
		45 „ Basalt

Gemeines französisches Flaschenglas	Englisches
30 — 40 Pfd. Varec	160 Pfd. ausgelaugte Asche
160 — 170 „ ausgelaugte Asche	40 — 90 „ Kelp
30 — 40 „ frische Asche	30 — 40 „ Holzasche
80 — 100 „ eisenhaltiger Thon (Lehm)	80 — 100 „ Lehm
100 „ Glasbrocken	100 „ Glasbrocken

Wie man sieht, sind alle diese Säge, im Grunde nur Kali, Natron, Kalk (auch Bittererde), Thonerde und Eisen in verschiedenartigen Verbindungsweisen führende Gemenge. Zu dem Eisengehalt trägt der gewöhnliche gelbe Sand, wie er stets und ohne Reinigung angewendet wird, wesentlich bei. Entweder schmilzt man den Sag zu Flaschen und feineres Hohlglas zugleich in demselben Ofen ein, um die Abgänge, von dem letzteren, welche in den Heerd fließen (b. Heerdglas) und diejenigen Stellen des Ofens besser benutzen zu können,

wo das feinere Glas zu sehr von der Flugasche gefährdet ist —; oder es werden besondere Ofen mit Flaschenglas betrieben. In dem letzten Falle findet eine eigentliche Läuterung kaum Statt und das Verblasen beginnt, wenn die Verblasung geschehen und die Masse von fremden Stoffen erträglich frei erscheint, so daß man kaltschüren kann. —

Die Verfertigung von Flaschen ist ein Fall, aus dem sich sehr gut ersehen läßt, welche Handgriffe in der Ausübung gebräuchlich und wie das Glas geblasen wird. Das im Speßart übliche Verfahren ist seiner Einfachheit wegen am leichtesten zu übersehen. Das wichtigste Werkzeug ist die »Pfeife«, Fig. 143.,

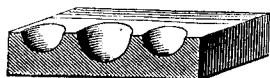
Die mechanische Verarbeitung.

Fig. 143.



ein schmiedeeisernes 4 — 5 F. langes, 1 Z. dickes, gegen $\frac{1}{4}$ Z. weites Rohr mit einem Knopf an jenem Ende, wovon der eine *a* als Mundstück, der andere *b* zum Anheften des Glases dient. Um den Arbeiter gegen das Heißwerden des Metalls zu schützen, ist oben ein etwa fußlanger Holzgriff *c* aufgeschoben. Sobald die Arbeitslöcher geöffnet und die Oberfläche des Glases von Galle rein geschöpft ist, sucht der Bläser nach und nach soviel Glas an *b* zu befestigen, als zu einer Flasche gehört, wobei ihn Übung und ein sehr empfindliches Augenmaß unfehlbar sicher leiten. Durch Eintauchen der vorher erhitzten Pfeife in den Hafen bleibt etwas Glas an *b* hängen; daran wird, wenn es vor dem Ofen durch Bewegen in der Luft soweit erkaltet, daß es nicht mehr einschmilzt und durch gelindes Einblasen etwas hohl geworden ist, durch Wiedereintauchen eine zweite Glasschicht befestigt, daran eine dritte u. s. f., bis der Glasballen an der Pfeife

Fig. 144.



hinreichend Masse hat. Um diese zum Behuf der weiteren Formung bildsam und gleichmäßig zu erweichen, hält sie der Arbeiter einige Zeit durch das Arbeitsloch in die Ofenflamme, bringt sie alsdann in eine

Fig. 145. der runden Vertiefungen »des Marbels« *), Fig. 144., eines angefeuchteten Brettes, wo der Ballen unter stetem Umdrehen der Pfeife — damit die Abkühlung und das Zähwerden von allen Seiten gleichförmig stattfindet — sowie unter stetigem, aber ganz gelindem Einblasen — damit sie nicht zusammensinke — allmählig die Gestalt einer dickwandigen Hohlkugel oder vielmehr Birne, Fig. 145., annimmt. Die Masse derselben muß in möglichst gleicher Stärke um die Aue der Pfeife vertheilt, vor die Mündung gerückt sein, und mit dieser nur durch einen kurzen Hals zusammenhängen. Nach vorn, von wo nachher die Erweiterung ausgeht, und die Masse aufgetrieben wird, ist sie am stärksten, an der Pfeife dagegen schwächer. So vorgerichtet ist das Glas wieder erkaltet und muß ein zweitesmal in der Arbeitsöffnung



*) Auch wohl einer Stein-, Marmor- oder Gußeisenplatte.

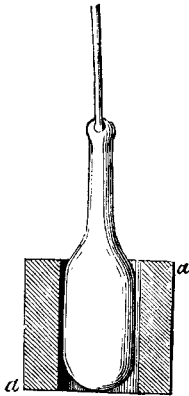
Die mechanische Verarbeitung.

angewärmt werden, aber so, daß der vordere Theil am meisten Hitze empfängt und mehr erweicht, als der hintere. Nunmehr verlängert der Bläser die Birne und nähert ihre Gestalt der Flaschenform durch eine dreifache Thätigkeit: durch stärkeres Einblasen, durch Schwenken (pendelartiges Hin- und Herbewegen) und stetes Umdrehen der Pfeife um ihre Ase. Die Kugelgestalt, welche das Glas durch das Einblasen erstrebt, wird durch die Schwingkraft, welche ihr das Schwenken ertheilt, zu einer gestreckten Eiform, Fig. 146., in die Länge gezogen;

Fig. 146.



Fig. 147.



um so mehr, als die niedere Temperatur bei *d* mehr das Aufblasen, als die Verlängerung des Halses verhindert. Was endlich die Umdrehung der Pfeife anbelangt, so ist diese eine beim Glasblasen ganz allgemein angewandte und unerlässliche Maßregel. Das glühende Glas bewirkt nämlich eine rasche Luftströmung von unten nach oben, welche den abwärts gerichteten Theil bei weitem am stärksten abkühlt. Dadurch erhält das Arbeitsstück natürlich eine ungleiche Dehnbarkeit und würde unfehlbar oben weiter aufgetrieben als unten, wenn man nicht durch stete Drehung der Pfeife — besonders wenn diese in waagrechter Richtung gehalten

werden muß — jene Abkühlung gleichmäßig auf alle Punkte der Oberfläche wirken ließe. Zur Seite des Arbeiters, der das birnförmige Gefäß ausbläst, befindet sich die Form *a* (ein einfaches, cylindrisch ausgehöhltes Holzkloß); dieser senkt nun das Gefäß, sobald es die bestimmte Dicke erreicht hat, mit dem Bauch so ein, wie Fig. 147. zeigt, und preßt das Glas durch kräftiges Einblasen fest an die Wände, während er zugleich durch eine hüpfende oder schnellende Bewegung den Hals auf die richtige Höhe verlängert. Die unvollkommene Flasche, welcher Boden und Mündung fehlt, kommt auf's Neue zum Anwärmen, wird aber so in die Arbeitsöffnung gehalten, daß nur der Boden erweicht, das Uebrige aber verhältnißmäßig kalt bleibt. Unterdessen hat ein Junge etwas Glas an eine andere Pfeife oder einen Eisenstab, das »Nabeleisen«, befestigt und hält es nebenan in's Feuer. Beide, Junge und Bläser treten nun mit den Pfeifen einander fest gegenüber; unter fortwährendem Umlaufen der Pfeife befestigt der erstere sein Nabeleisen in den Mittelpunkt des Bodens und drückt ihn damit langsam einwärts in den Bauch der Flasche, wodurch die Erhöhung inwendig und der ebene Rand zum Stehen der Flasche erzeugt werden. Diese befindet

Fig. 148.



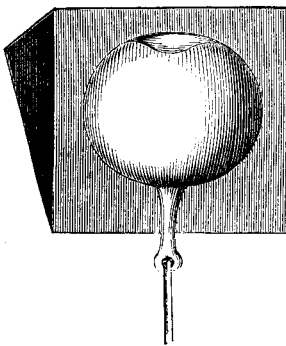
sich nun kurze Zeit zwischen beiden Werkzeugen, Fig. 148., so lange nämlich, als der Bläser braucht, um die Pfeife — entweder durch Anlegen eines kalten Eisens,

oder durch einen Wassertropfen — vom Flaschenhals abzusprennen *). Die Flasche sitzt jetzt auf dem Nabeisen, wie *a* (Fig. 148.) zeigt, so daß man den Hals anwärmen kann, damit er die scharfen Kanten verliert, ohne das Uebrige zu erweichen. Der Bläser versetzt nun den glühenden Hals dadurch in eine drehende Bewegung, daß er die Pfeife quer über die aufrechtstehenden Bretter, die seinen Stand scheiden, hin- und herrollt. Die Flasche läuft alsdann (gleichsam wie in einer Drehbank) um ihre Ase und man braucht nur die Scheere oder ein ähnliches Eisen, wie einen Drehmeißel, in die Mündung zu halten und anzudrücken, um diese gehörig auszuweiten, worauf der Wulst zur Verstärkung des Halses durch einen Glästropfen gebildet wird, den man mit dem Randkolben aus dem Hafen holt und als einen dicken Faden um die Mündung wickelt. Die fertige Flasche, Fig. 149., wird sogleich von einem Jungen am Nabeisen nach dem Rührlofen getragen, daselbst an die richtige Stelle geschoben und das Nabeisen endlich durch einen kurzen, trockenen Schlag vom Boden der Flasche abgelöst. An jeder auf diese Art geblasenen Flasche bleibt die Anhefte-Stelle oder der »Nabel« im Grund des Bodestücks mit scharfem Bruch zurück. —

Die mechanische Verarbeitung.

Ganz runde Flaschen werden ohne Form und wenn sie sehr groß sind, wie die Ballons zu Schwefelsäure, mit Hülfe von Dampf aufgeblasen, indem man einen Mundvoll Wasser einspritzt und die Pfeife mit dem Daumen zuhält. Ebenso wenig werden Flaschen von der Gestalt einer plattgedrückten Kugel, nicht mit Formen gemacht, sondern frei geblasen: die Zurichtung der Glasmasse, die Herstellung des Bodens und Halses geschehen ganz wie oben, nur darf wegen größerer Kürze desselben nicht so stark geschwenkt werden. Beim Aufblasen des Bauchs hingegen steht der Bläser vor einem geneigten Brett, Fig. 150., und schlägt die Kugel, die sich unter langsamem Einblasen zu bilden strebt, nach jeder halben Umdrehung der Pfeife sanft auf, wodurch jene Abplattung an zwei gegenüberstehenden Seiten entsteht.

Fig. 150.



Weil die Mehrzahl aller Flaschen nur mit der Niche verkaufbar sind,

weil also ihr Inhalt genau einem bestimmten Landesmaß entsprechen muß, so setzt die Erfüllung dieser Anforderung beim Blasen aus freier Hand eine unge-

*) Das Absprennen, eine Operation, die sich stets beim Glasblasen wiederholt, geschieht an dem erstarrten Glase durch eine plötzliche Temperaturveränderung der Trennungsstelle und ist entweder eine starke Abkühlung durch einen auffallenden Wassertropfen, oder eine starke Erhitzung durch Anlegen eines glühenden Eisens, oder Umdrehen eines Glasfadens aus dem Hafen. Ist muß die Stelle erst auf diese Art erhitzt werden, um dann durch einen Wassertropfen abgelöst werden zu können.

Maschinen-
form zu Glas-
schen.

meine Fertigkeit im Augenmaß voraus. Darum haben mehrere Erfinder dem Bläser, in einer besonders eingerichteten Form, ein Werkzeug in die Hand zu geben versucht, welches ihn in Stand setzt, der Flasche, gleichsam mit einem Schlag, richtigen Gehalt und vollkommene Form zu geben, ohne daß er sich auf sein bloßes Augenmaß zu stützen braucht. Solche Formen, wie die von Rickets, die sich durch leichte Handhabung auszeichnet, gewähren zugleich eine wichtige Ersparniß an Zeit und machen das öftere Anwärmen unnöthig. Sie besteht außer dem Körper, der den Bauch bildet, noch aus 4 anderen Theilen, nämlich einem feststehenden Bodenstück mit einem beweglichen Stempel, für die Bodenvertiefung und zwei ebenfalls beweglichen Formtheilen, für den Hals. Zwei Tritte setzen diese verschiedenen Stücke in Bewegung. Sobald der Bläser die vorgeblasene, gestreckte Kugel in den Bauchtheil eingeführt hat, schließt er durch Aufsetzen des Fußes auf den ersten Tritt die Halstheile, zwingt alsdann durch kräftiges Einblasen die Glasmasse sich allenthalben anzulegen und vollendet die Flasche mittelst des zweiten Trittes, welcher den Stempel gegen den Boden aufsteigen macht. Es bleibt alsdann nur noch übrig nach dem Abnehmen der Pfeife den Halsrand nachzubessern.

Champagnerflaschen, welche durch den Druck der eingeschlossenen Kohlensäure besonders während der Flaschengährung des Champagners sehr gefährdet sind, müssen von besonderer Stärke sein. Es ist nun das Zerspringen der Champagnerflaschen eine so bedeutende Quelle von Verlust, daß man es für gut findet, die Flaschen einzeln vor der Anwendung zu prüfen. Dazu dient eine besondere Maschine (die von Collardon und von Desbordes sind die besten) mittelst welcher Wasser gewaltsam in die Flasche eingepumpt wird, bis der Stand des Manometers einen genügenden Druck anzeigt. Obgleich jede Flasche, wenn sie ganz mit Wasser gefüllt ist und keine Luft enthält, schon durch einen mäßigen Schlag auf den aufgesetzten Pfropf am Bauch zerspringt, also durch den Stoß welchen die Flüssigkeit auf die Wand überträgt, so widerstehen doch die Champagnerflaschen nicht selten einem Druck von 40 (= 515 Pfd. auf den Q. Z.) Atmosphären und mehr.

Weißes Hohlglas.

Ech.

Folgende Beispiele von Sägen mögen als allgemeine Anhaltspunkte dienen:

Zu Apothekerflaschen		Halbweißes		Feines, (weiß)	
	100 Pfd. weißen Sand		100 Pfd. Sand		100 Pfd. Sand
30 — 35	» Potasche (unger.)	100	» Rohe Soda	65	» calc. Potasche
	17 »		(alkalische)	6	» zerfallner Kalk
110 — 120	» Asche	100	» Glasbrocken	100	» weiße Glasb.
1/4 — 1/2	» Braunstein	1/2 — 1	» Braunstein	1/2	» Braunstein
	Glasbrocken				

Böhmisches Krystallglas zum Schleifen		Weißes Glas für chemische Geräthe (Solinglas)		Eng.
100 Pfd. weißer Sand	100 Pfd. Sand	100 Pfd. Sand, weißer		
50 — 60 » gereinigte Potasche	30 » Potasche	41,4 » Potasche		
8 » Kreide	18 » Kalk	17,5 » Kalk		
40 » Glasbrocken	Entfärbungsmittel			
$\frac{3}{4}$ » Braunstein				

Schon in diesen Beispielen spricht sich der Charakter der weißen Hohlgläser aus, nämlich: reinere Materialien, welche möglichst eisen- und thonerdefrei sind und Anwendung der Entfärbungsmittel. Es findet vollständige Läuterung Statt, welches auch die Abweichungen in den Sägen sein mögen, die so verschiedene Zwecke erfordern. Bei Glas für chemischen Geräthe ist neben der Farblosigkeit und Durchsichtigkeit, auch die Schwerzersehbareit eine ganz wesentliche Rücksicht, welche für andere Gläser viel weniger in Betracht kommt. — Daß bei dem Blasen im Ganzen dieselben Grundsätze gelten, wie sie bereits angegeben sind und wie man sich in besonderen Fällen benimmt, mögen einige weitere Beispiele zeigen.

Einer der einfachsten Fälle ist das Blasen eines Kolbens, Fig. 151. Je nachdem man beim Schwenken, wodurch der Hals gebildet wird, mehr oder weniger bläst, wird der Hals bei *a* mehr erweitert, oder mehr walzenförmig. Vor dem Aufblasen des Bauchs wird das Glas unterhalb *a*, nicht aber der Hals angewärmt; wenn man nun vor dem völligen Aufblasen mit dem Drehen der abwärts gerichteten Pfeife aufhört und diese — aber unter fortgesetztem Einblasen — langsam bis in die Stellung Fig. 152 erhebt, so senkt sich der Bauch unter die Axt des Kolbenhalses und zwar — wegen des Luftdrucks im inneren — ohne eingeknickt zu werden, wodurch eine Retorte entsteht. —

Mechanische
Verarbeitung.

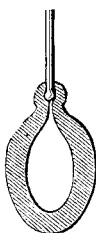
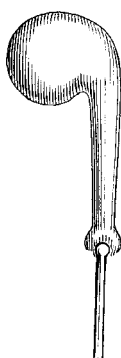
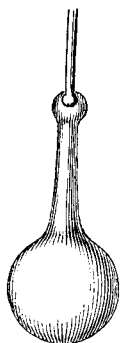
Wenn ein hohles Stück Glas, z. B. eine Hohlkugel heiß in die Länge gezogen wird, so bleibt die Höhlung stets erhalten und selbst bis zur äußersten Feinheit ausgesponnen, erscheint der Faden unter dem Mikroskope, als eine feine Haarröhre.

Auf diesem Verhalten beruht das Röhrenziehen in den Glashütten, wozu jedesmal zwei Arbeiter gehören. Während der eine, der Bläser, nach und nach die nöthige Menge Glas an seiner Pfeife ansammelt und diese zu einer sehr massiven Hohlkugel von möglichst gleicher Wanddicke, Fig. 153., ausbläst, hat der andere an einem Nabeisen einen Glastropfen befestigt und neben

Fig. 151.

Fig. 152.

Fig. 153.



die anzuwärmende Hohlkugel in's Feuer gelegt. Beide Arbeiter ziehen ihr Werkzeug gleichzeitig aus dem Feuer, treten vor einander hin und stoßen dieselben so

zusammen, daß das Nabeisen der Pfeife gegenüber an der Hohlkugel wie in Fig. 154. haftet, worauf sich der eine rückwärts gehend so rasch wie möglich auf 50, 60 bis 100 F. entfernt. Dadurch verdünnt sich die Kugel anfangs bei *a* Fig. 155. zu dem Anfange der Röhre, der bald zum Starrwerden

Fig. 154.



Fig. 155.



Fig. 156.



erfaltet und an Dicke nicht mehr abnimmt, während sich die Glasmasse beim weiteren Ausziehen lediglich von dem noch warmen Ende *b*, *b* abspinnt. Wie in allen Fällen des Glasblasens, so ist auch hier ein stetes Drehen der

Glasmasse, also auch der Pfeife und des Nabeisens um ihre Ase unerlässlich, weil sonst der dem Boden zugekehrte Theil früher erkalten und das Rohr eine unregelmäßige Form erhalten würde. Dieses verhindert übrigens nicht, daß sich das Rohr bei seiner bedeutenden Länge in der Mitte wie ein-ausgespanntes Seil senkt, und an den beiden Enden dicker ausfällt, wie Fig. 156. zeigt. Die Krümmung des Rohrs wird aber dadurch ausgeglichen, daß die Arbeiter dasselbe (noch ehe es vollkommen steif geworden ist, auf den Boden niederlegen, wobei es sich streckt) um es dann zu zerschneiden, indem sie es alle 4 oder 6 F. mit einer kalten Zange anfassen. Bei der geringen Masse der Röhren ist die Erkaltung so gleichförmig, daß die Anwendung des Kühlofens nicht stattfindet. Was endlich das Kaliber der Röhren betrifft, so hängt dies von der Länge, auf welche eine Glasmasse ausgereckt wird, oder für dieselbe Länge von der Menge des Glases ab — was aber die Wandstärke des Rohrs anbelangt, so ist diese durch die Wandstärke der Kugel gegeben, weil das Verhältniß der Wanddicke zum Kaliber, durch das Ausziehen nicht verändert wird. Es müssen also weite, dünnwandige (z. B. Senkwaagen-) Röhren aus einer dünnwandigen, aber größeren Kugel und umgekehrt gezogen worden; doch ist es nöthig bei Röhren der ersten Art während des Ausziehens Luft einzublasen, damit die dünnen Wände nicht einsinken.

Das reinste und edelste Glas ist das weiße, zum Schleifen bestimmte Hohlglas, »Crown Glas«, welches die böhmischen Hütten in so vorzüglicher Güte liefern. Zu Gegenständen, welche mehr der Kunst und dem Luxus, als gerade dem gemeinen Bedürfniß dienen, bestimmt, ist es die natürliche Aufgabe die Reinheit und Farblosigkeit der Masse durch Schiff und Politur zu heben und mit einer Vollendung in der Form in Einklang zu bringen, wie man sie an weniger edles Material nicht verschwenden würde. Nur die sorgfältigste Auswahl reiner Materialien in Sag und Häfen neben einem möglichst niedrigen Verhältniß an Wasen — welche stets eine, wenn auch geringe Färbung bedingen — gewähren hinreichende Farblosigkeit, sowie ein so hoher Grad von Reinheit

nur durch eine fortgesetzte und gewissenhafte Läuterung erzielt werden kann. Diesen Anforderungen ist um so schwieriger zu genügen, weil bei diesen Gläsern des Schlifses halber eine größere Wanddicke erforderlich ist. Dafür kommt aber auch der Kostenpunkt in diesem Fall weniger in Betracht. — Bei dem Schleifglas ist die Anwendung von eigentlichen Formen zum Blasen bei weitem zweckdienlicher und häufiger als bei dem gewöhnlichen Hohlglas, theils weil die Contouren der Waaren meist nicht so einfach sind, als sie sein müßten, um aus freier Hand erreicht zu werden; theils weil sie durch die Formen ohne sehr vermehrte Schwierigkeiten beim Blasen so gravirt werden können, daß die mannigfachen Vertiefungen und Erhöhungen der Oberfläche schon im Rohen daraus hervorgehen und mithin dem ohnehin so mühevollen Schleifen unter Erspargung von Zeit und Mühe vorgearbeitet ist. — Die Formen und deren Handhabung fallen ganz mit denjenigen zusammen, wie es weiter unten beim Krystallglas beschrieben wird.

Vom Fensterglas.

Obgleich man eigentlich aus jedem nicht zu gefärbten Hohlglase Fenster- schein machen könnte, so gut als man wirklich aus Fensterglas manche Hohl- waaren, z. B. Glasglocken über Uhren u. bläst, so hat sich doch — mit Rück- sicht auf den eigenthümlichen Zweck — ein ganz bestimmter Unterschied in der Mischung herausgestellt. Damit nämlich die Scheiben nicht zu leicht durch den Einfluß der Witterung blind werden, darf nach den S. 383 u. 384 entwickelten Grundsätzen der Kalkzusatz nicht zu gering sein, während auf der anderen Seite eine zum Entglasen neigende Zusammensetzung, bei dem Fensterglas — welches sehr oft im Feuer erweicht werden muß, ehe es die Gestalt von Scheiben an- nimmt — ein wesentlicher Fehler sein würde. — Gänzliche Farblosigkeit ist nur für ganz feine und sehr große Scheiben, welche darum dicker sein müssen, unerlässlich; am häufigsten verarbeitet man halbweißes und grünliches Glas, dessen Farbe bei der Dünne der Tafeln fast unmerklich wird. Legt man mehrere gewöhnliche Scheiben aufeinander, so tritt die blau-grüne Färbung besonders an den Kanten deutlich hervor. Die Sätze zu Fensterglas sind beispielsweise die folgenden:

Grün:		Halbweiß:		Ganz Weiß:	
	100 Pfd. Sand		100 Pfd. Sand		100 Pfd. Sand
20 —	25 „ Potasche	50 „	ger. Potasche	52½ „	Potasche (ger.)
	8 „ Pfannenstein	20 „	Kreide	14½ „	Kreide
	180 „ Holzasche	1½ „	Salpeter	¾ „	Braunstein
120 —	150 „ Glasbrocken	1½ „	Arsenik	125 „	Glasbrocken
	2 „ Holzohle	¼ „	Braunstein		
russisch:		oder:		oder:	
100 Pfd.	Sand (gewaschen)	100 Pfd.	Sand	100 Pfd.	Quarzsand
50 „	Föhrenasche	30 „	calcin. Potasche	30 — 35 „	trockene, ge- reinigte Soda
150 „	Weidenasche	15 „	Kochsalz	35 „	Kreide
40 „	Strohasche	22 „	Kalk	180 „	Glasbrocken
				¼ „	Braunstein
				¼ „	Arsenik

Aus den S. 391. angegebenen Analysen ergibt sich, daß im Fensterglas auf 1 Aeq. Kali, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ bis 1 Aeq. Kalk, in den Hohlgläsern aber bis zu 3 Aeq. Kalk und mehr kommen. —

In England, wo man sich ausschließlich der Soda anstatt der Potasche bedient, pflegt man den Saß mehrentheils zu fritten, oder eigentlich eine Schmelze daraus zu bereiten, welche in Gestalt von Ziegeln zur Beschickung der Häfen dient.

Die mechanische Herstellung von Scheiben aus dem Fensterglase geschieht mit der Pfeife und zwar so, daß entweder eine hohle Walze geblasen wird, welche man in einer besonderen Operation aufschneidet und flachlegt („Walzenglas“) — oder dadurch, daß man ein mehr kugelförmiges offenes Gefäß unmittelbar an der Pfeife mittelst der Centrifugalkraft sich zu einer runden Scheibe ausbreiten läßt („Mondglas“).

Das Blasen der Walzen beginnt, wie gewöhnlich, mit dem Ansammeln der erforderlichen Glasmenge durch wiederholtes Eintauchen der Pfeife in den Hafen. Es entsteht so ein massiver Glasballen, der um den Knopf der Pfeife herumliegt und deshalb mit dem „Plättisen“ (einem vorn flachgeschmiedeten Stabe) von dem Kopf mehr abgestreift und nach vorn geschoben wird, wobei eine ringförmige Vertiefung oder Hohlkehle *a* entsteht. Nach dieser Verrichtung, dem „Schränken“, benutzt der Bläser die noch vorhandene Hitze, um den Ballen in dem Marbel abzurunden und etwas aufzublasen. Er hat nunmehr die Gestalt Fig. 157., woraus man sieht, wie gerade vorn die Glasmasse am stärksten ist, weil von da aus das Aufstreifen und Verlängern zur Walze statthat. Im weiteren Verlauf erhält dieselbe nämlich zuerst den Durchmesser des künftigen Cylinders, und dann die Länge. Zu dem Ende hält der Bläser die Pfeife mit

Fig. 157.

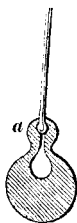
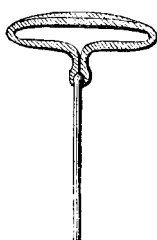


Fig. 158.



dem, zum zweitenmale in der Arbeitsöffnung angewärmten Ballen lothrecht über seinen Kopf und bläst Luft ein. Dadurch daß nun der schwerere Boden beim Aufblasen weniger nachgiebt und nicht so leicht gehoben wird, geschieht die Ausdehnung mehr nach der Seite und es entsteht eine abgeplattete Flasche, Fig. 158. Sobald der richtige Durchmesser erreicht ist, kehrt jener die Pfeife rasch um, so daß die Kugel nunmehr nach unten hängt und schwenkt unter fortwährendem Einblasen. Es er-

folgt eine weitere Ausdehnung, aber — weil die dünneren Seitenwände schon zu kalt — nur vom Boden aus, und — wegen der Schwingkraft — nur in die Länge, wodurch die Flasche, wenn das Glas zu kalt geworden um weiter nachzugeben, die Gestalt Fig. 159. (s. a. f. S.) bekommt. Ohne das Schwenken würde sich der Boden natürlich nicht bloß nach der Länge, sondern nach allen Richtungen ausdehnen, mithin die Gestalt der punktirten Linie erhalten. Durch wiederholtes Anwärmen, Schwingen und Einblasen geht die Form allmählig in diejenige der Fig. 160. über, welche bereits die Länge der Walze hat. Sie ist alsdann,

Fig. 159.

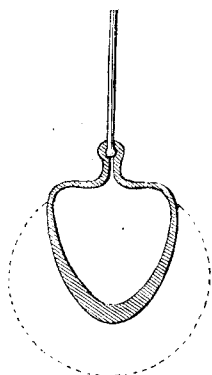


Fig. 160.

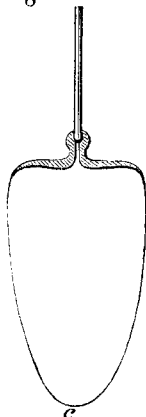


Fig. 160. zeigt, noch stark kegelförmig und unten durch eine Halbkugel geschlossen, in deren Mitte bei *c* sich die dünnste Stelle des Gefäßes befindet. Wenn nun der Bläser Luft einbläst und die Mündung der Pfeife vor dem Deffnen des Mundes mit dem Daumen verschließt, so wird in Folge der Ausdehnung derselben eine starke Spannung entstehen und die Walze, die in diesem Zustand mit dem vorderen Theil in's Feuer gehalten wird, an der schwächsten Stelle, also gerade an der Spitze aufplagen. Nach geschehenem »Deffnen«, Fig. 161, der Walze sucht man durch Schwingen den etwas wulstigen, dicken Rand der Deffnung in die Länge zu ziehen und auf die richtige Dicke zurückzuführen, wobei der vordere Theil zu gleicher Zeit sich gerade streckt und dadurch gleichen Durchmesser annimmt, wie Fig. 162. zeigt. Etwaige Unebenheiten werden mit der Scheere weggeschnitten. Sowie das

Fig. 161.

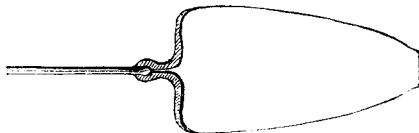
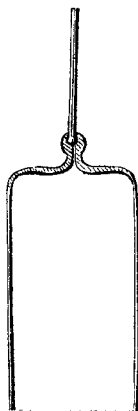


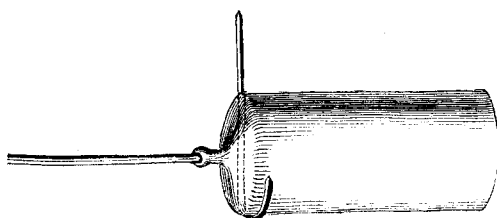
Fig. 162.



Glas erstarrt ist, führt ein Gehülfe, während der Bläser die Walze mit einem Tropfen Wasser bei der Schränkung absprengt, einen hölzernen Stab in dieselbe ein, und trägt sie zur Seite, worauf eine zweite geblasen wird u. s. f. Je nach der Größe lassen sich die Walzen auch mit einem Mal zur ganzen Länge ausschwenken, oder es muß inzwischen zwei-, drei- und mehr Mal angewärmt werden. Auch ist die Masse des vorderen halbkugelförmigen Theils bei ganz großen, also sehr weiten Walzen unzureichend, um zu einer, mit dem übrigen gleich dicken Cylinderwand auslaufen zu können; in diesem Falle legt man vor dem Deffnen etwas Glas zur Verstärkung an.

Um nun die fertige Walze zu einer Tafel ausbreiten zu können, muß Hals und Wölbung, woran die Pfeife saß, abgenommen und der cylindrische Rumpf der Länge nach auf-

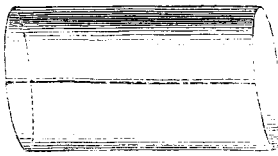
Fig. 163.



geschnitten werden. Zu dem Ende dreht man die Walze einigemal in der Krümmung eines glühenden über die Kante gebogenen Eisens Fig. 163., herum, und läßt auf die erhitzte Linie einen Wassertropfen fal-

len, der einen runden Sprung erzeugt und die Kappe ablöst. Ebenso, nur nach gerader Richtung, erzeugt man einen Sprung der Länge nach beim Aufschneiden,

Fig. 164.



Das Strecken.

worauf die Walze, Fig. 164., zum Auslegen, oder sogenannten » Strecken « fertig ist. —

Dazu, als einer besonderen Operation, gehören in eigenen Räumen aufgestellte, besonders gebaute Ofen, deren Einrich-

tung, den wesentlichen Theilen nach, in Fig. 165., im perspektivischen Durchschnitte und in Fig. 166. im waagrechten Schnitt über die Sohle, wiedergegeben

Fig. 165.

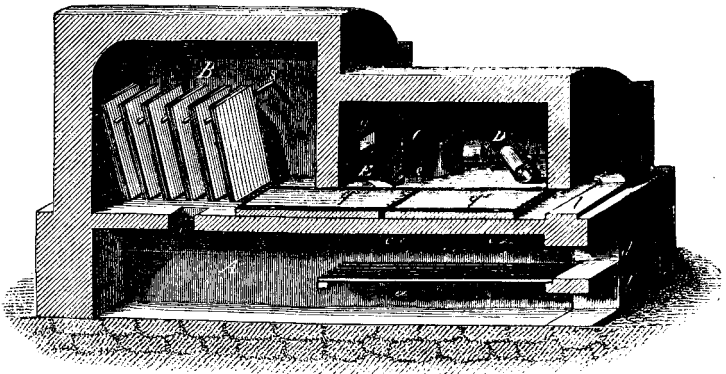
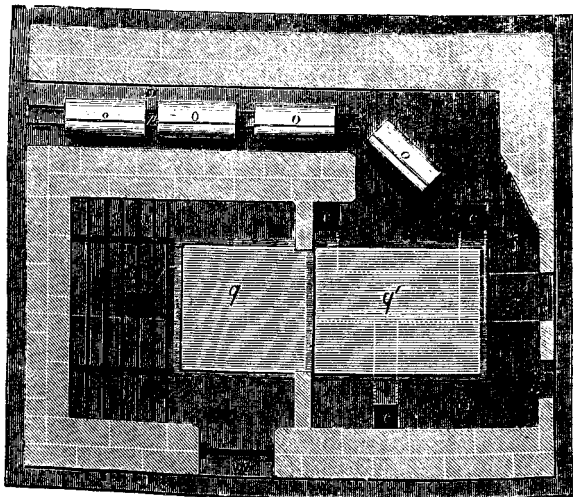


Fig. 166.



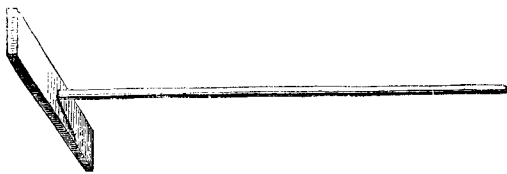
sind. — Der gewölbte Raum *A*, welcher der ganzen Länge des Ofens nach zieht, enthält den Aschenfall *a* und den Rost *r*; der erstere ist durch die Thüröffnung *b*

zugänglich, das Nachschüren geschieht durch *d*. — Die Flamme tritt durch die Das Streckfen. Deffnungen *c, c, c, c* in den oberen Raum und zwar zunächst in den Streckheerd *C*, von da in den Kühllofen *B* — der auch direktes Feuer empfängt —, um endlich durch den Kanal *D*, durch welchen die Streckwalzen eingeführt werden, und zwar bei *i* abzuführen. Der Streckheerd und der Kühllofen stehen durch eine flachgewölbte breite Deffnung *E*, zum Durchschieben der Tafeln, sowie durch eine kleinere höhergelegene *g* für den Durchgang der Flamme in Verbindung. Die Hitze im Inneren kann leicht geregelt werden, indem man Platten über die Deffnungen *c, c* schiebt und die Hülfsöffnung *k* schließt oder öffnet. — Vor der Arbeitsöffnung *l* hat der Strecker, vor *m* der Arbeiter am Kühllofen und vor *i* der Gehülfe seinen Platz, der die Walzen *o, o, o, o* auf der Eisenbahn *p* nachschiebt.

Der wesentlichste Theil des Ofens ist aber die »Streckplatte« oder der »Streckstein« *q* und *q'*.

Sie muß vollkommen eben, ohne alle Rauheit und Vertiefungen sein, welche das Glas rühen oder höckerig machen würden, im Feuer keine Veränderung erleiden und etwas größer sein als die Tafeln. Gewöhnlich wird eine solche Platte aus feuerfestem, mit Cement *) versehenem Thon gemacht, während des Trocknens stark geschlagen, dann gebrannt und endlich nach dem Brennen eben geschliffen worauf man auf eine Sand-Unterlage einsetzt und eine zweite ähnliche Tafel auf *q'* in dem Kühllofen anstößt. Um der Verletzung der Glasfläche beim Hinzuschieben der Tafeln über die Streckplatten desto sicherer zu begegnen, pflegt man zuvor das »Lager« darüber zu legen. So nennt man nämlich die erste gewöhnlich dickere Tafel, welche besonders zu diesem Zweck geblasen wird. Diese Lager entglasen bald, was nicht schadet, so lange die Oberfläche nicht rauh geworden; dies tritt übrigens allmählig ein und macht eine Auswechslung nöthig. Um endlich das Anhängen der Walzen auf dem Lager zu verhindern, werfen die

Fig. 167.



Strecker einige Handvoll Kalk in's Feuer, der dann von der Flamme über das Lager hergestäubt wird. Die Temperatur darf im Streckofen nicht höher sein, als eben nöthig, um die Walzen zu erweichen; sie darf

im Kühllofen dagegen diesen Punkt nicht erreichen.

Die Streckarbeit beginnt mit dem Einführen der Walzen in die Aufwärmröhre *D*. Je weiter eine Walze durch die nachrückenden vorgeschoben wird, um so mehr wird sie erhitzt, bis sie endlich, am Streckraum angekommen, zu erweichen anfängt. In diesem Augenblick hebt sie der Strecker mit einem winkelfrecht gebogenen Eisen auf das Lager, den Spalt quer über nach oben, wodurch sich dieser alsbald von selbst öffnet, und die Walze nachher leicht von dem Strecker vollends geebnet und flachgelegt werden kann. Dazu dient ihm das an

*) Entweder gemahlene Scherben von gebranntem Thon gleicher Art, oder feiner Sand, oder gemahlener Quarz.

Das Strecken. einer Eisenstange befindliche Polirholz, Fig. 167., welches jedesmal in Wasser getaucht wird. Sind alle Krümmungen und Beulen niedergedrückt, so schiebt der Strecken die fertige Tafel rückwärts in den Kühllofen, wo sie sogleich erstarrt und von dem dort befindlichen Arbeiter alsbald aufrecht gestellt und an- und angelehnt werden kann. Nach je 30—40 Tafeln, welche zusammen einen »Pfeiler« bilden, wird ein Eisenstab *s, s, s* eingeschoben und damit fortgefahren, bis der Kühllofen gefüllt ist. —

Die Hauptunvollkommenheit des Streckverfahrens liegen in dem Mangel einer passenden dauerhaften Unterlage; der Streckstein ist zwar haltbar, aber zu hart um nicht ritend gegen das Glas zu wirken; umgekehrt sind die Lager zwar sonst geeignet, aber von keiner Dauer, denn in einem gewissen Zeitpunkt der Entglasung, welcher diese Lager sehr bald unterliegen, erlangt die Oberfläche zugleich mit einer zu großen Härte eine beträchtliche Rauhigkeit. Nach Lippert lassen sich indessen die Lager durch künstliche Steinplatten ersetzen, welche sehr dünn aus gleichen Theilen Quarzmehl und Pfeisenthon hergestellt, sorgfältig polirt und nachher in gußeiserne Rahmen eingefügt werden.

Das Mondglas. Beim Mondglasmachen wird anfangs ein abgeplattetes Gefäß erzeugt und dieses zwar vor einem besonderen Ofen, aber ohne Unterbrechung der Arbeit in eine runde, in der Mitte verdickte Scheibe verwandelt.

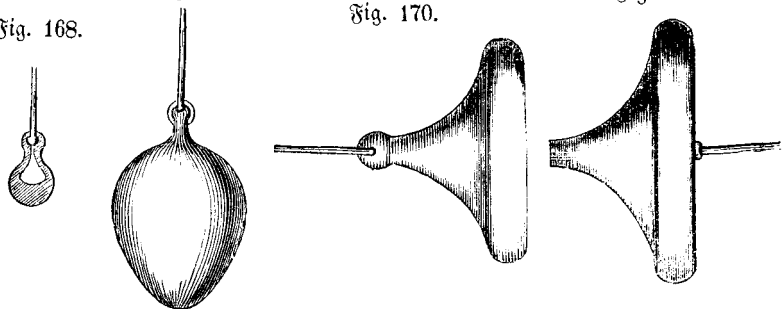
Nachdem der Bläser hinreichend Glas auf die gewöhnliche Art an die Pfeife aufgenommen und auf dem Marbel abgerundet hat, bläst er daraus anfangs einen kleineren, Fig. 168., nach dem zweiten Aufwärmen aber einen größeren kugelförmigen Körper (oder vielmehr ein Sphäroid) von ziemlich gleicher Wandstärke, Fig. 169., welches unter rascher Umdrehung der wagrecht liegenden

Fig. 169.

Fig. 170.

Fig. 171.

Fig. 168.



Pfeife mit dem vorderen Theil in die, etwas größer als gewöhnlich angelegte Arbeitsöffnung gehalten wird. Der Hals verändert seine Form dabei nicht, weil er kühl bleibt, dagegen zieht sich der Boden, der allein erweicht, flach in die Breite, Fig. 170. Unmittelbar darauf heftet nun ein Gehülfe sein Hefteisen (eine Pfeife ohne Höhlung) mit etwas Glas genau in die Mitte des noch glühenden Bodens, so daß das Gefäß einen Augenblick zwischen Hefteisen und Pfeife befestigt hängt, worauf der Bläser den Hals von der Pfeife abschneidet, Fig. 171., und die entstandene Halsöffnung, soweit es die Nachgiebigkeit des Glases erlaubt, durch Andrücken eines hineingeschobenen Holzes erweitert, während der Gehülfe das Arbeitsstück am Hefteisen umlaufen läßt. Mit der flachen

Glasglocke, Fig. 172. welche dadurch entsteht, begiebt sich der letztere sogleich an den Auslaufofen zur Seite, und zwar vor die runde Arbeitsöffnung *a* Fig. 173. Diese ist mit Steinen aus feuerfestem Thon umgeben und speit dem Arbeiter eine kräftige Flamme von gehörigem Umfang entgegen; dieser, durch die Mauer

Fig. 172.

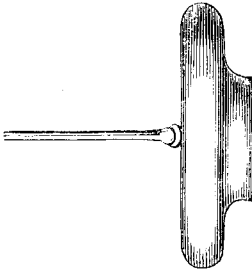
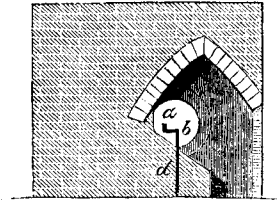


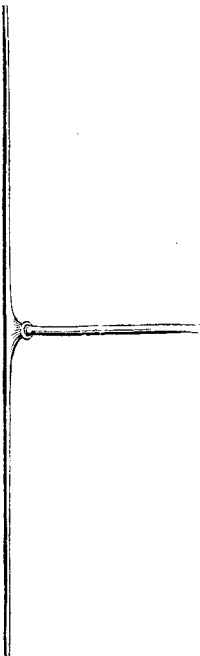
Fig. 173.



d einigermassen vor der Hitze geschützt, legt die Pfeife in den eisernen Haken *b* waagrecht ein, so daß die Glocke, gleichsam wie ein Deckel vor dem Arbeitsloch liegend, gerade die volle Flamme auffängt, und läßt die Pfeife mit aller mögli-

chen Schnelligkeit um ihre Ase laufen. Die Wirkung der Umdrehung auf das erweichende Glas ist leicht zu übersehen. Die Schwingkraft ertheilt den Glastheilen, wie in einer Schleuder, das Bestreben, sich von der Drehungsaxe nach der Richtung der Tangente zu entfernen, oder wenigstens — da sich die Zähigkeit des Glases einem wirklichen Wegschleudern widersetzt — sich von dem Drehungspunkt, also dem Kopf des Hefteisens aus, in einer Ebene anzuordnen, welche senkrecht auf der Ase der Umdrehung steht. In der That sieht man die Mündung der Glocke, welche der Flamme am nächsten, zuerst erweichen, sich

Fig. 174.



rasch bis über den Umfang des Bodens erweitern und dann die ganze Glasfläche, weil sie nunmehr frei von der Flamme getroffen wird, zu einer vollkommen ebenen Scheibe, Fig. 174., von etwa 6 Z. ausbreiten, welche im übrigen die Dicke einer Fensterscheibe, nur gegen die Mitte hin zum Knopf answillt. Man begreift ferner, daß eine so große Scheibe beim Aufhören der Drehung, also der Kraft, welche sie ausgebreitet hält, sich sogleich zusammenfallen muß, so lange sie weich ist. Deshalb kann sie nur unter fortgesetztem Drehen seitwärts vom Ofen weg nach dem Kühllofen gebracht werden, woselbst ein Bett von heißer Asche bereit steht. Darauf kommt die Scheibe nach dem Erstarren wagrecht zu liegen, um nach dem Abpressen des Hefteisens mit einer Gabel in den Kühllofen geschoben und darin auf die Kante gestellt zu werden. — Mittlerweile ist eine neue Glocke vorbereitet worden, die der rückkehrende Arbeiter an's Hefteisen nimmt, ebenfalls auslaufen läßt u. s. f.

Es kann nicht geläugnet werden, daß das Mondglas, keiner nachtheiligen Wirkung der Lager u. ausgesetzt, einen ungleich schöneren Glanz, auch weniger Wellen besitzt und dünner gearbeitet werden kann,

wie Walzenglas. Hingegen werden diese Vortheile durch einen sehr bedeutenden Abgang wieder aufgehoben, indem die halbmondförmigen Stücke, welche beim Zerschneiden in Tafeln am Umfang abfallen, und der Wulst in der Mitte („das Hsenaug“) gar nicht, oder letzteres doch nur selten (z. B. zu Wagenlaterne) gebraucht werden kann, während die gestreckten Tafeln ganz in brauchbare Scheiben aufgehen. In der That ist das Mondglasmachen, früher allein bekannt, fast ganz vom Streckverfahren verdrängt worden; nur in England dient es noch sehr häufig, aber weniger aus technischen Gründen als vielmehr wegen der Besteuerungsart des Fensterglases, insofern nämlich die Abgabe nicht nach der Anzahl der Tafeln, sondern nach dem Gewicht erhoben wird. Wegen der größten Dünne gehen aber mehr Mondglas- als gestreckte Scheiben auf den Centner.

Spiegel.

Geschicht-
lich.

Die Glashütten in Sidon hatten zwar versucht, Spiegel aus einer undurchsichtigen schwarzen Glasmasse zu verfertigen, aber so wenig Erfolg gehabt, daß die Metallspiegel allgemein im Gebrauch blieben. Von Spiegeln aus bleiblegten Glasplatten ist zuerst in Joh. Peckham's (eines Franziskaners) 1279 erschienener „*Perspectiva communis*“ mit Bestimmtheit die Rede; in Nürnberg bildeten früher mit Blei ausgegossene Glaskugeln, welche im Anfang des 16. Jahrhunderts von Porta und Garzoni erwähnt werden, als Spiegel einen bedeutenden Handelsartikel. Dagegen ging der Gebrauch, geblasene Glastafeln mit Zinnfolie zu belegen, in demselben Jahrhundert von Venedig aus, kam von da 1665 nach Frankreich und erweiterte sich daselbst durch Abraham Thevart's Erfindung des Spiegelgusses (1688) zu ihrer jetzigen Vollkommenheit.

Gegenwärtig pflegt man Spiegeltafeln beiderlei Art herzustellen, nämlich geblasene und gegossene. Was die ersteren betrifft, so fällt das Verfahren mit dem Blasen und Strecken des Fensterglases zusammen bis auf wenige außerwesentliche Punkte, welche von dem größeren Umfange bedingt werden. Ganz eigenthümlich ist das Gießen der Tafeln.

Eine solche Tafel muß nothwendig, bei der bedeutenden Größe von 10 F. und mehr, eine entsprechende Dicke besitzen; sie muß ferner, wenn der auf der hinteren Fläche angebrachte Metallüberzug das Licht gehörig zurückwerfen soll, so durchsichtig und farblos wie möglich sein. Solchen gewichtigen Anforderungen kann nur ein Saß entsprechen, welcher möglichst reine Materialien enthält, und ein Glas giebt, dessen Oberfläche hinreichend luftbeständig ist; denn beim Gegentheil wird die Tafel blind, verliert die Politur und somit die Durchsichtigkeit. — Endlich soll ein guter Spiegel stets genau naturgetreue, niemals verzerrte Bilder geben, was alsdann nothwendig eintritt, wenn Knoten, Blasen und Wellen im Glas ein unregelmäßiges Zurückwerfen der Lichtstrahlen hervorbringen. Mithin ist auch die äußerste Läuterung erforderlich, so daß das Spiegelglas nicht viel hinter den optischen Gläsern im engeren Sinne zurücksteht, was die Schwierigkeiten der Herstellung betrifft, und diese werden noch durch großen Umfang der Arbeitsstärke sehr gehoben.

Dahleich die Potasche eine viel weniger gefärbte Glasmasse giebt als das

Natron, so wird demungeachtet eine ziemlich häufige Anwendung von der Soda gemacht, weil sie dem Glase einen Grad der Leichtflüssigkeit ertheilt, der sowohl die Läuterung, als auch das Gießen sehr wesentlich erleichtert —, wie die folgenden Vorschriften näher zeigen.

In St. Gobin *)	nach Bastenaire	nach Schultes
100 Pfd. reiner Sand (von Senlis)	100 Pfd. weißer Sand	100 Pfd. Sand
35 » reines Sodasalz	60 » Sodasalz	75 » ger. Potasche
5 » Kalk, zerfallener	13 » kohlens. Kalk	33 » Kalk
100 » Glasbrocken	100 » Glasbrocken	3 » Kochsalz
Entfärbungsmittel	1 » Braunstein	7 » Salpeter
	$\frac{1}{2}$ » Schmalte	$1\frac{1}{2}$ » Arsenik
		$\frac{1}{2}$ » Braunstein

Der letztere Satz giebt das Beispiel einer schlechten Mischung, welche bei weitem zu viel Kalk und Potasche und eine solche Menge Entfärbungsmittel enthält, wie sie nur eine durchaus unstatthafte Unreinheit der Materialien voraussetzt. Die besten Verhältnisse sind 7 Th. trockenes kohlen-saures Natron und 3 Th. Kalk; oder 6 Th. gereinigte calcinirte Potasche und 3 Th. Kalk, jedesmal auf 9 Th. Sand, wozu noch die Entfärbungsmittel in mäßiger und Glasbrocken in wechselnder Menge, je nach der Beschaffenheit des Ofens und seinem Hitzegrade kommen.

An manchen Orten (England) pflegt man den Satz zu fritten, anderwärts dagegen (z. B. in St. Gobin in Frankreich) so rein zu mischen, daß man ihn kalt in die Häfen und zwar auf 3mal eintragen kann, wobei man viele Arbeiter anstellt und sich möglichst beeilt, um den Ofen nicht zu sehr abzukühlen. Ein jeder Ofen enthält zweierlei Schmelzgefäße, nämlich runde gewöhnlicher Art, Fig. 175. und viereckige, sogenannte Wannen, Fig. 176. Die ersteren dienen zum

Das Eins-
schmelzen.

Fig. 175.

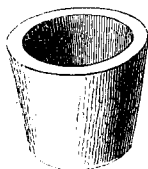
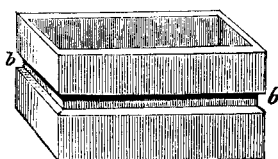


Fig. 176.



Einschmelzen und müssen deshalb größer sein als die Wannen, welche zum Läutern und Fertigmachen bestimmt sind. Man hat Häfen von 3' Höhe bis über 6' (in England); sie stehen offen bei Holzfeuer, sind aber bedeckt wie beim Flint-

glas (s. u.), wenn man Steinkohlen brennt. — Da eine Wanne wenigstens soviel Glas enthalten muß, als ein jedesmaliger Guß erfordert, aber auch nicht viel mehr, so sind immer größere vorhanden zu den großen, und halb so große zu den kleineren Spiegeln. — Während der Satz in den Häfen eingeschmolzen wird, stehen die Wannen anfangs leer im Ofen, sobald aber alles vollkommen im Fluß gerathen, fährt man die Wannen mittelst einer Zange, welche in den Einschnitt *b* (Fig. 176.) eingreift, aus und säubert das Innere von allen Unreinigkeiten und dem anhängenden Glas des vorigen Gusses mit einer Scharre, worauf das Gefäß wieder an Ort und Stelle auf die Bank zurückgeschoben wird, und das Ueberschöpfen beginnt. Zu dem Ende schäumen die Arbeiter die Oberfläche der Häfen ab und schöpfen die Glasmasse in die nebenstehenden

*) Spiegelgießerei für Paris.

Das Ein-
schmelzen.

Wannen mittelst kupferner Löffel oder Kolben, aber mit der Vorsicht, alle Ram-
pen, Sandkörner u., die sich zu Boden gesetzt haben, ja nicht aufzurühren. Da-
durch wird schon von vornherein, und zwar auf doppelte Weise, eine Reinigung
bewirkt: nämlich durch Zurücklassung des Ungeschmolzenen und durch diejenige
Mischung der Glasmasse, welche das Uberschöpfen von selbst nach sich zieht.
Nach dreimaligem Eintauchen ist der Löffel so heiß, daß er droht angegriffen zu
werden, alsdann fährt man mit einer anderen Kelle fort und taucht die erste in's
Wasser. — Aus den Abbildungen des Spiegelglasofens ersieht man, wie die
Schmelzgefäße angeordnet sind und aus- und eingeführt werden können. Fig.
177 ist nämlich ein senkrechter Schnitt nach der Linie $x\ y$ Fig. 178., welche den
horizontalen Schnitt und zwar rechts von $x\ y$ in der Höhe der Bänke links et-
was tiefer, durch die Wannenöffnungen, enthält. Der Schmelzofen ist von

Fig. 177.

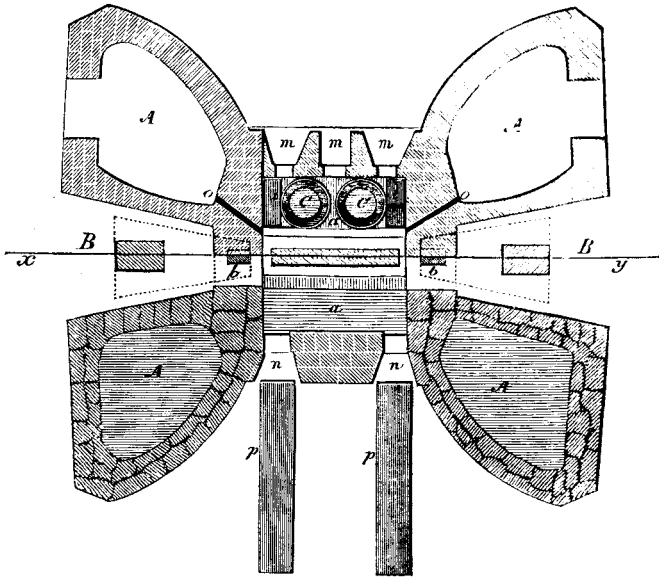
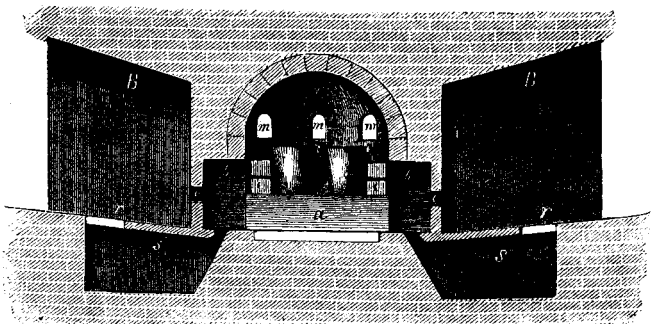


Fig. 178.



4 Nebenöfen *A, A, A, A* umgeben, welche zum Brennen und Anwärmen der Häfen *z.* bestimmt und so angeordnet sind, daß die Seiten mit den Bänken *a* ihrer ganzen Länge nach frei bleiben. Dadurch bleiben die zwei übrigen Seiten nur durch die schmalen Gänge *B, B* zugänglich, welche mit den großen Oeffnungen *b, b* in Verbindung stehen. Diese dienen zum Ein- und Ausführen der Häfen *c, c* und zugleich zum Schüren; für die letztere Verrichtung würden sie bei ihrer Größe zuviel Hitze auslassen, darum sind sie für diesen Fall von oben vermauert und von unten bis auf eine kleinere Oeffnung *e, e* mit Thonplatten zugestellt. Für Steinkohlen ist ein Krost unumgänglich, nicht so für die Feuerung mit Holz. — Die Flamme geht aus dem Schmelzofen, nachdem sie zwischen den Bänken aufgestiegen und die Häfen *c, c* und Wannen *i, i* erhitzt hat, durch die Füchse *o, o* in die Nebenöfen *A*. Die freien Seiten des Ofens enthalten zwei Reihen Oeffnungen übereinander. Durch die 3 oberen *m, m, m* die Arbeitsöffnungen, gelangt man zu den Schmelzgefäßen um überzuschöpfen; durch die beiden unteren *n, n* werden die Wannen über die Eisenplatten *p, p* aus- und eingefahren, welche deshalb genau in der Höhe der Bänke liegen müssen. Alle können mit beweglichen Platten nach Bedürfniß zugestellt werden. Durch *r, r* kann der Zug geregelt werden, in *s, s* sammelt sich die Asche.

Das Eins-
schmelzen.

Gewöhnlich ist das Einsmelzen nach 16 Stunden vollbracht, aber die Läuterung, welche nach dem Uberschöpfen beginnt, muß wenigstens ebenso lang, ja selbst 24 und 48 Stunden lang unterhalten werden, bis alle Blasen entwichen sind und sich kein Alkali mehr verflüchtigt, oder überhaupt so lange, bis die gezogenen Proben eine tadellose Beschaffenheit des Glases zu erkennen geben. Von diesem Zeitpunkte an muß das Schüren unterbrochen werden, damit die Hitze des Glases bis auf den zum Guß erforderlichen Grad sinke, was 3 bis 4 Stunden dauert. —

Das Gießen geht vor den Kühlöfen vor sich, welche außer Zusammenhang mit dem Schmelzofen besonders gefeuert werden. Die Sohle eines solchen Ofens muß so breit sein, daß alle Tafeln die er fassen soll, neben einander liegen können, und muß gerade so angelegt werden, daß sie mit der Oberfläche der Gießtafel, Fig. 179. (s. a. f. S.), in derselben Ebene liegt. Die Gießtafel *A, A*, aus Bronze, Messing, zuweilen auch Gußeisen, ist länger als die größte zu gießende Tafel, nämlich 10 bis 14 F. bei der halben Breite und 6 bis 7 Zoll Dicke *) (die bronzene Tafel in St. Gobin wiegt 50000 Pfd. und kostet 100000 Fr.), und bildet die Gießform, deren obere, genau eben abgeglichene Fläche, die untere Fläche des Spiegels bildet, während die obere Fläche desselben durch die Bewegung der Walze *B*, und ihre Dicke (4 bis 7 Linien) durch die Leisten *c, c* bestimmt wird. Die Walze ist hohl, aber von bedeutender Metallstärke und im Gewicht von mehreren Centnern. Die Tafel und Zubehör stehen auf einem Gerüst *E* mit Rollen *r* und kann darauf bequem vor einen beliebigen Kühlöfen *V, V* gefahren werden.

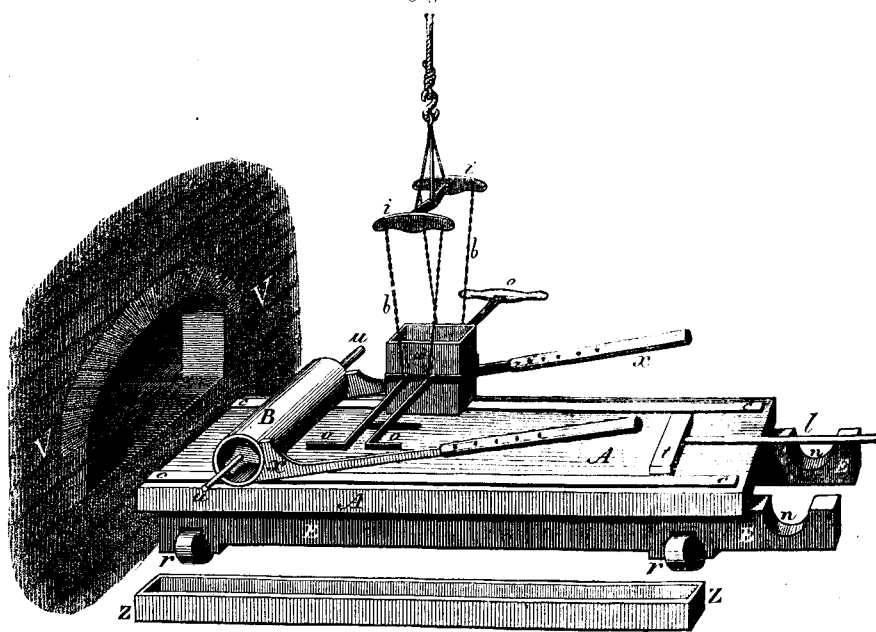
Der Gieß.

*) Weil die Tafel während des Gusses ziemlich stark von oben, dagegen von unten nicht erhitzt wird, so entsteht daraus eine Neigung zum Verwerfen und Krümmen, welcher nur durch eine bedeutende Dicke begegnet werden kann.

Der Guß.

Während einige Arbeiter zum Beginn des Gusses die Tafel durch aufgeschüttete Kohlen vorwärmen, damit das Glas nicht zu schnell abschrecke, sind an-

Fig. 179.



dere damit beschäftigt, die gefüllten Wannen mit einer auf Rollen laufenden Zange aus dem Ofen zu holen und nach der Gießtafel zu fahren, wo sie von einer anderen Zange *o, o* in Empfang genommen, in dem Einschnitt (Fig. 179.) gepackt und mittelst Ketten *b* und dem Loch *i* an einem Krahn aufgehängt wird. In dieser Lage, also neben der Tafel schwebend, beeilt man sich, die Wannen von außen abzukehren und von innen mit einer kupfernen Klinge so lange abzustreichen, bis das klare Glas (»Metall«) zum Vorschein kommt, um sie dann durch Drehen des Krahnbalkens über die Tafel zu fahren, welche man inzwischen von den Kohlen befreit und durch Abwischen von der Asche *z.* gesäubert hat. Durch Neigen der Wanne mittelst der Zangengriffe *o* nöthigt man das Glas zum Ausfließen vor die Walze, welche in demselben Augenblick mittelst Handgriffen, die an die Axe *u, u* gesteckt werden, ihre Bewegung beginnt. Dadurch breitet sich das Glas hauptsächlich nach vorn aus, würde es aber auch nach den Seiten hin überfließen, wenn nicht zwei Gehäusen dieses durch Anlegen der Anhalteisen *x, x* verhinderten, welche einen Damm nach der Seite bilden und mit hin dem Lauf der Walze folgen müssen. Um endlich der Einmischung auch der geringsten Unreinigkeit zu begegnen, führt ein Arbeiter den mit Lappen umwickelten Wischer *l* dicht vor dem flüssigen Glas her; dieser letztere legt seinen Weg am frühesten zurück, dann folgt das überschüssige Glas, welches über die vordere Kante der Gießtafel in einen Trog mit Wasser fällt und zuletzt kommt die Walze an, welche in den Einschnitten *n, n* liegen bleibt. — Während der Gießhafen

in den Ofen zurückgebracht wird, um neue Glasmasse durch Ueberschöpfen zu empfangen, reinigen die Arbeiter die gegossene Platte möglichst vom anhängenden Glas, biegen bei der Kante den dort entstehenden Wulst auf, stemmen ein rechenartiges Eisen daran und schieben damit die Platte vorwärts in den Kühl-Ofen auf eine Unterlage von Sand. Vom Ausziehen der Wanne aus dem Ofen, bis hierher, sind nicht mehr als 5 Minuten nöthig, worauf die gegossene Tafel 8 — 14 Tage im Kühl-Ofen verbleibt. —

Ist die Tafel beim Einschieben noch zu weich, so wird sie leicht in sich selbst zusammengestaucht und wellig, eine Formveränderung, die beim Schleifen ungemein viel Arbeit macht. Wie vorsichtig man auch gewesen sein mag, stets ist die obere gewalzte Seite rau und höckerig, die untere mehr glatt.

Sobald die Spiegeltafeln aus dem Kühl-Ofen kommen und die Randleiste Das Schleifen. oder Wulste weggeschnitten sind, suchen die Hüttenglaser, soweit es die mangelhafte Durchsichtigkeit erlaubt, die fehlerhaften Tafeln auszufuchen und so in kleinere zu zerschneiden, daß die Unreinheiten an den Rand kommen, worauf das Schleifen beginnt.

Zu dieser Arbeit gehören je zwei Tafeln, eine größere und eine 3 bis 4mal kleinere. Die große Tafel wird nämlich genau waagrecht in die »Schleifbank«, einen billardartigen 2 F. hohen Tisch, mit Gyps eingefittet; gerade so wird die kleinere in den Boden des »Obersteins«, eines beweglichen, mit Gewicht beschwerten Kastens befestigt, aber so daß beide Tafeln die entgegengesetzten Flächen, eine rauhe (die gewalzte) und eine glatte (von der Gießtafel) gegeneinander kehren. Wenn alles so vorgerichtet, giebt man groben Sand mit Wasser auf und bewegt den Oberstein, zugleich um seine Ase und hin und her über die ganze Oberfläche, was aus der Hand oder auch mit Maschinen geschieht. Ist der Sand allmählig zu fein geworden, so nimmt man die folgende Nummer u. s. f. (in Neuhaus im österreichischen z. B. hat man 7 verschiedene Nummern) bis das Raufschleifen beendigt ist, d. h. bis die geschliffene Fläche sich bei der Prüfung mit der Sekwaage als vollkommene Ebene zu erkennen giebt. Alsdann folgt das Klarschleifen ganz in derselben Weise nur mit geschlämmtem Schmirgel (15 Nr. in Neuhaus) wodurch die Platte völlig eben, nicht mehr rau, aber noch matt und blind erscheint, was erst durch die Politur beseitigt wird. Diese giebt man der Tafel durch Polirroth (englisch Roth, Colcothar, ein reines, geschlämmtes Eisenoxyd), welches mit dem »Polirholz«, einem mit Wollenzug umwickelten, von oben beschwerten Brette, aufgerieben wird. — Es versteht sich von selbst, daß nach jeder Operation die Spiegeltafel umgekehrt werden muß, so daß das Klarschleifen erst beginnt, wenn beide Seiten rau, und das Poliren, wenn beide klargeschliffen sind. Dabei ist aber die Vorsicht nöthig, die Platte stets genau waagrecht einzufitten, wenn anders die beiden geschliffenen Flächen parallel und der Spiegel richtig ausfallen soll.

Wie bedeutend der Aufwand an Mühe und Zeit beim Schleifen und Poliren ist, läßt sich schon daraus entnehmen, daß die Platten dabei $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ ihrer Masse verlieren. — Da erst mit der Politur alle Fehler zum Vorschein kommen und ein richtiges Urtheil über die Beschaffenheit der Gläser im Inneren möglich wird, scheidet man nunmehr in einer zweiten sehr sorgfältigen Prüfung diejenigen

aus, welche entweder zerschnitten oder nachgeschliffen werden müssen, worauf das Belegen mit Zinnamalgam folgt.

Der Beleg.

Diese Arbeit beginnt damit, daß man ein Blatt Zinnfolie (Stanniot), welches um einige Linien das Glas überragen muß, auf dem Belegtisch glattstreicht und mit einer Bürste Quecksilber darüber ausbreitet. Wenn die Metallfläche gleichmäßig benetzt ist, läßt man noch so viel Quecksilber nachlaufen, daß es einige Linien hoch steht, und zieht das graue (Drydul-) Häutchen mit einem Lineal ab, so daß die Oberfläche spiegelblank erscheint. Nunmehr kann die Glasplatte aufgelegt werden; wollte man sie flach von oben auf das Quecksilber niederlassen, so würde unfehlbar Staub und Luft mit eingeschlossen werden. Darum schiebt man die Platte von der Seite her auf und zwar die lange Kante voran, welche stets zwischen der Quecksilberoberfläche und der Zinnfolie eingetaucht sein muß. Auf diese Art kommt nur das reine Metall unter der Oberfläche mit dem Glas in Berührung und der Beleg wird blank. — Um das Weitere zu begreifen, muß man erwägen, daß viel mehr Quecksilber, als zur Bildung von Amalgam (einer festen Verbindung von Quecksilber mit Zinn) nothwendig, und zwar ein so großer Ueberschuß vorhanden ist, daß die Glasplatte eigentlich auf einer Quecksilberschichte schwimmt, worin das feste Amalgam in Flocken enthalten ist, die vorzugsweise an dem Boden angehäuft sind. — Wenn der Spiegel daher allmählig mit Gewicht beschwert und der Belegtisch geneigt wird (bis zu 10° oder 12°), so sickert das überflüssige Quecksilber aus. Die Entfernung des letzten Restes, gleichsam das Trocknen des Amalgams bewirkt man dadurch, daß man den Spiegel zuletzt in eine senkrechte Stellung bringt. Es gehören immer 3 bis 4 Wochen dazu, um den Beleg eines größeren Spiegels fertig zu machen.

Je mehr eine Spiegeltafel beim Einschieben in den Kühllofen verdorben wird, und je rauher die gewalzte Oberfläche ausfällt, um so mühsamer ist das Schleifen. In diesem Sinn hat man neuerdings versucht, die Tafeln, mit Beseitigung der Walze, zwischen zwei Metallplatten zu pressen und dem Kühllofen eine kreisrunde, drehbare, übrigens ganz ebene Sohle gegeben; sobald die Tafel durch das Mundloch eingeschoben ist, kann man sie leicht, ohne sie weiter zu berühren, durch bloßes Drehen der Sohle zur Seite schieben um einer folgenden Platz zu machen u. s. f. Nur müssen die Tafeln alsdann in derselben Ordnung aus dem Ofen genommen werden. —

Das Belegen der Spiegel mit Amalgam ist eine Arbeit, die die Gesundheit durch Quecksilberdämpfe gefährdet, dabei übermäßig viel Zeit und kostbare Einrichtungen erfordert und überaus leicht mißlingt. Es zerbrechen nämlich die Platten oft unter dem Druck der Gewichte, oder zurückgebliebene Quecksilbertropfen reißen das Amalgam beim Aufrechtstellen der Spiegel in krummen Streifen mit nieder (bilden »Würmer«), oder das Amalgam verdirbt durch Krystallisation und Transport. Von allen diesen Nachtheilen ist das neuerdings von Dreyton angegebene Verfahren der Spiegelversilberung frei, welches durch Faraday und Warrington geprüft worden. Nach dem Erfinder versetzt man eine Auflösung von salpetersaurem Silber (Höllenstein) mit Ammoniak (Salmiakgeist), und fügt der filtrirten Flüssigkeit eine Auflösung von Cassiaöl in Wein-

geist *) zu; so erhält man die versilbernde Flüssigkeit. Sie hat die Eigenschaft durch Zusatz der reducirenden Flüssigkeit — einer Lösung von 1 Maßtheil Gewürznelkenöl (ol. caryophyllorum) in 3 M. Th. Weingeist — metallisches, blankes Silber abzusetzen. Um damit einen Spiegelbeleg zu erzeugen, umgiebt man die wohlgereinigte Tafel mit einem Rande von Glaserfitt und gießt 1 bis 2 Linien hoch Silberflüssigkeit darauf. Sowie man nun von der Nelkenöllösung zufügt, setzt sich eine Schichte spiegelglänzendes, metallisches Silber fest auf die Glasfläche auf und zwar um so rascher, je mehr man zugefügt hat und umgekehrt. Erfahrungsmäßig geräth der Beleg am besten, wenn die Reduktion langsam, durch wenige Tropfen Essenz hervorgebracht wird; 6 bis 12 Tropfen sind hinreichend, um das Silber aus $4\frac{1}{2}$ Unzen Silberlösung zum Niederschlagen zu bringen, und die Metallschichte ist so dünn, daß der Q. F. nur 12 bis 18 Gran wiegt, mithin bei einer Dicke von $\frac{1}{2500}$ bis $\frac{1}{1700}$ Linie, der Metallwerth bei einem belegten Spiegel von 10 F. Länge und 5 F. Breite, 4 bis 6 Fl. beträgt. — Wie man sieht, liegt das Prinzip einfach darin, daß dem Silberoxyd der Sauerstoff durch die ätherischen Oele entzogen wird und zwar ohne alle Gasentwicklung, welche den Zusammenhang der Metallablagerung unterbrechen würde. Die Salpetersäure bleibt dabei an das Ammoniak gebunden. —

Aller dieser Vortheile ungeachtet haben die Spiegelfabrikanten, in deren Besitz das Verfahren gekommen ist, dasselbe bis jetzt nicht im Großen auszubeuten vermocht, vermuthlich um deswillen, weil der Beleg, besonders auf großen Flächen, fast unvermeidlich fleckig ausfällt. — Vielleicht daß auch die dunklere Farbe der silberbelegten Spiegel den Abnehmern weniger zusagt.

Das bleihaltige Glas.

Die Erfindung der bleihaltigen Gläser ist eine englische, und ihre Darstellung durch ganz andere Gründe veranlaßt worden, als diejenigen, welche gegenwärtig diesem Betrieb seine große Ausdehnung geben. Als man nämlich bei Steinkohlenfeuer weißes Glas darstellen wollte, so mußte man sich gegen die rauchende Flamme zu schützen suchen, die das Glas stark färbt. Es geschieht dies durch Anwendung bedeckter Häfen, wodurch aber die Schmelzung — im Vergleich mit den offenen Häfen, wie sie die nichtrauchende Flamme des gedarrten Holzes erlaubt — ungemein erschwert wird. Man suchte daher den Satz leichtflüssiger zu mischen, allein eine Vermehrung des Alkalis würde das Glas zu leicht zerseßbar gemacht haben; so verfiel man auf das Bleioryd und erkannte alsbald das ausgezeichnete Verhalten solcher Gläser gegen das Licht. Seitdem fertigt man die Bleigläser ihrer lichtbrechenden Kraft halber an, und die Kunst erlangte bald Verbreitung in die übrigen Länder.

*) Auf 1 Unze Höllestein 3 Unzen Weingeist von 87 pSt. und 20 bis 30 Tropfen Cassiaöl.

Das Krystallglas.

Für diejenigen Gegenstände des Luxus, welche sich durch hohen Glanz, starke Lichtbrechung und Farblosigkeit auszeichnen, wie Pokale, Karaffen, Glacons, Leuchter etc., ist das Bleiglas ganz besonders durch diese Eigenschaften, sowie durch seine Weichheit (große Rigbarkeit oder Schleifbarkeit) geeignet. Die Masse welche dazu verwendet wird, heißt im engeren Sinne Krystallglas (bergkrystallartiges Glas) und wetteifert mit dem böhmischen Schleifglas (Crown Glas S. 416), von welchem sie an Farblosigkeit und Härte, aber nicht an Lichtbrechungsvermögen und Leichtflüssigkeit übertroffen wird. Einmal mit der Natur des bleihaltigen Glases bekannt, war es leicht, die Bedingungen festzustellen, von denen seine Güte abhängt. Das kiesel saure Bleiorpd zeigt eine bemerkliche gelbe Färbung, wenn es als Bestand eines Glases in einem gewissen Grade über das kiesel saure Alkali an Menge überwiegend wird; außerdem tritt der eigenthümliche blaugrüne Ton des kiesel sauren Natrons in Verbindung mit Bleiglas viel stärker hervor. Da nun die Krystallwaaren, um in gehörigem Glanze zu prangen, fast immer geschliffen und darum sehr massiv gearbeitet werden müssen, so hat man noch mehr Grund jene Färbung zu vermeiden und Krystallglas nur aus Bleiorpd, Kali und Kiesel säure zusammenzusetzen und in dem Verhältniß derselben gewisse Grenzen nicht zu überschreiten. Aus den S. 393 angeführten Analysen ergibt sich, daß die Zusammensetzung des Krystallglases (nach Abrechnung der unwesentlichen Bestandtheile) ausgedrückt werden kann durch die Formeln:

- 1.) $\text{KO}, 2\text{SiO}_3 + 2(\text{PbO}, 2\text{SiO}_3)$. 2.) $3(\text{KO}, 3\text{SiO}_3) + 4(\text{PbO}, 3\text{SiO}_3)$.
- 3.) $2(\text{KO}, 2\text{SiO}_3) + 3(\text{PbO}, 2\text{SiO}_3)$. 4.) $3(\text{KO}, 2\text{SiO}_3) + 3(\text{PbO}, 2\text{SiO}_3)$.
- 5.) $\text{KO}, 2\text{SiO}_3 + \text{PbO}, 2\text{SiO}_3$.

Also in einem Fall sind dreifach, in den übrigen Fällen doppeltkiesel saure Salze die näheren Bestandtheile.

Der Satz wird aus vollkommen eisenfreien Sand, reiner Mennige und gereinigter Potasche in Quantitäten zusammengeschmolzen, welche im allgemeinen um das mittlere Verhältniß von 3 : 2 : 1 herumspielen, jedoch mehr Kiesel säure erhalten, wenn man bei Holz in offenen Häfen schmilzt und umgekehrt. Z. B.:

Für Steinkohlenfeuerung für Holzfeuerung nach Bastenaire			
Sand, gewaschen und geglüht . . .	100 Pfund . . .	100	Pfund.
Mennige	70 " . . .	45	"
Gereinigte Potasche	30 " . . .	35	"
Glasbrocken.			

Dazu kommt noch Salpeter oder auch Arsenik als Entfärbungsmittel; dagegen vermeidet man den Braunstein, der, wie erwähnt, leicht eine Amethystfarbe erzeugt. — Die Mennige liefert dem Glase das Bleiorpd, wirkt aber zu gleicher Zeit entfärbend, indem sie in der Glüh Hitze, vor dem Niederschmelzen des Satzes, Sauerstoff abgibt, wodurch viel braune, brenzliche Stoffe der Potasche zerstört werden. Aus demselben Grunde ersetzt man die Potasche oft bis zu 10 und 20 pro Ct. durch Salpeter, wenn es der Preis erlaubt, da dieses Salz zugleich ein reines und ein reinigendes Material ist.

Die Schmelzung erfordert etwa 6 bis 8 Stunden und die Läuterung, welche der Leichtflüssigkeit und Reinheit der Materialien halber sehr erleichtert ist, ungefähr ebenso lange. Nicht selten pflegt man diese Arbeit, sowie bei dem Spiegelglas, in zwei verschiedenen Gefäßen vorzunehmen, wo denn das niedergeschmolzene Glas aus dem Schmelzhafen in den Läuterungshafen übergeschöpft wird. Die größere Güte des Glases wird dabei nur durch einen bedeutenden Aufwand an Brennstoff erkauft; denn um 8 Etr. Glas auf gewöhnliche Art zu schmelzen, braucht man 40 Etnr., mit Ueberschöpfen dagegen 59 Etnr. Holz.

Beim Verarbeiten darf das Glas weder mit dem Rauch der Dfenflamme, noch mit Eisen in Berührung kommen, weil es sonst unfehlbar undurchsichtig braunschwarz anläuft. Das Eisen wird nämlich aufgelöst indem es an die Stelle des Bleies tritt und dieses höchst fein zertheilt metallisch ausscheidet; die Färbung rührt also von beiden, dem aufgelösten und ausgeschiedenen Metall her; während durch den Rauch nur die Rußtheile auf dem weichen Glase festkleben. Um dieses zu verhüten geschieht das Aufwärmen nicht in der freien Flamme, sondern unter der Bedeckung des Hafens (der »Haube«).

Die Kryallgläser erhalten ihre Gestalt entweder durch bloßes Blasen an der Pfeife, oder durch Blasen in Formen, oder durch die Form allein; in jedem Fall kann dieselbe — wie denn in der Regel geschieht — durch Schleifen verbessert oder gehoben werden.

Die Formen sind sorgfältig aus Messing gearbeitet und zwar, damit das Arbeitsstück leicht zurückgezogen werden kann, oben etwas erweitert, wenn dieses einfach; oder mehrtheilig, wenn dieses mit vorspringenden Theilen versehen ist. Von der Art ist die Form für eine Karaffe, Fig. 180., in der Seitenansicht und Fig. 181. im Durchschnitt. Boden *e* und Seitenwände *a* des Bauchtbeils, durch die Schrauben *b*, *b* vereinigt, bilden zusammen den unteren und größeren Formtheil; der obere, kleinere für den Hals besteht aus zwei Hälften (nach der Linie *z*, *z*), welche sich wie eine Zange seitwärts öffnen, wenn sie um das Char-

Fig. 180.

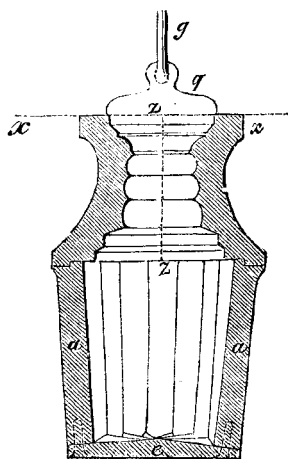
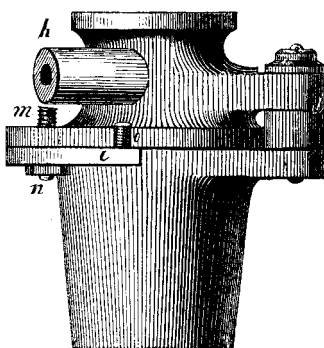


Fig. 181.



nier *d* gedreht werden. Damit dieses nicht weiter geschieht, als eben nöthig, so schlagen die Flügel zu beiden Seiten an die Stifte *o*, welche an dem Bügel *i* befestigt sind. In die so geöffnete Form fährt der Bläser mit dem an der Pfeife *g* hängenden, hohlen Glasballen in das Bauchstück bis auf den Boden, und bläst mit Gewalt Luft ein,

Verarbeitung. nachdem ein Gehülfe die Halstheile zugeklappt und mittelst der Schraube *m* (deren Mutter bei *n* hervorsieht) an Ort und Stelle befestigt hat. Das Glas legt sich nun vermöge des Luftdruckes von unten nach oben an die Wand der geschlossenen Form an und tritt zuletzt als Haube *q* über den Rand hervor, woselbst die Pfeife (nach *x, x*) abgesprengt wird. Die Hülse *h* und eine ebensolche weiter hinten dienen zur Befestigung hölzerner Handgriffe. — Ganz massive Gegenstände, z. B. Teller, werden durch Eingießen von flüssigem Glas zwischen die beiden Formplatten und Aufeinanderpressen derselben mittelst einer Presse erzeugt, so daß alles überschüssige Glas aus den Fugen quillt.

Solche in Formen geblasene oder gepresste Waaren zeigen niemals ihren vollen Glanz noch die volle Schärfe der Metallgravirung; denn das immer zähflüssige Glas erkaltet an der Metalloberfläche zuerst und wird dadurch unfähig sich scharf in die Kanten, oder selbst flach an die flachen Formwände zu schmiegen. Darum zeigen Arbeiten der Art nie ebenspiegelnde Flächen, sind aber immer schwach wellig und stumpfkantig, am meisten bei dem böhmischen, weniger bei dem Bleiglas. Es können mithin die gepressten Waaren niemals den geschliffenen an die Seite gestellt werden, wohl aber gewährt die Anwendung der Formen, wenn sie als Vorarbeit zum Schleifen auftritt, eine sehr wesentliche Erleichterung, insofern alsdann dem Schleifer das Gefäß zwar im Rohen, aber in vollkommen richtiger Form und bereits mit allen Erhabenheiten und Vertiefungen versehen übergeben wird.

Das allgemein übliche Werkzeug zum Schleifen oder Schneiden sind Scheiben von Eisen, Sandstein oder Kupfer, welche in einer Art Drehbank, der »Schleifbank« umlaufen und an ihrem bald schneidigen, bald kantigen, bald abgerundeten Rande mit Sand zum Rau- und Schmirgel zum Feinschleifen versehen werden. Ähnliche Scheiben von Zinn, Holz oder Kork mit Bimsstein oder Kolkothar dienen zum Poliren. Es versteht sich von selbst, daß man nicht allein Scheiben von mehrfach gestalteten Ranten, sondern auch allen möglichen Durchmesser von 8 bis 10 Zoll (bei $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Z. Dicke) abwärts nöthig hat. Z. B. zum Einschneiden von Namenszügen, Wappen, Zeichnungen u. werden Kupferscheibchen von der Größe eines Pfennigstückes mit Schmirgel und Del gebraucht; die feinsten Vertiefungen werden mit Kupferstiften geschnitten, die entweder spitz sind, oder in einen Knopf oder eine kleine Scheibe ausgehen. Man sieht leicht, daß sich bei der Arbeit die feinen, harten Körner des Schleifpulvers in das weiche Metall des Scheibenrandes eindrücken und darauf eine Art Feile bilden, durch welche das Glas beim Umlaufen, angegriffen wird. —

Vom optischen Glase.

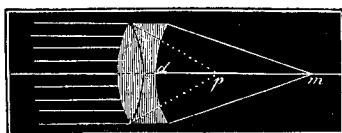
3 we d.

Die Anwendung des Glases zu Mikroskopen, Fernröhren, Daguerrotypen u. dgl. beruht auf der Eigenschaft, das Licht von seiner ursprünglichen Richtung abzulenken, oder zu brechen; der nämlichen Anwendung steht aber die Eigenschaft der Farbenzerstreuung — d. i. die Eigenschaft, die einzelnen Farben, woraus der weiße Lichtstrahl besteht, ungleich zu brechen, so daß eine Linse, anstatt eines einzigen Bildes aus weißem Licht, mehrere farbige zeigt, die sich einander im

Brennpunkt nicht vollkommen decken — sehr entgegen. Ein Instrument aus Bleiglaslinsen giebt daher von Himmelskörpern oder von mikroskopischen Gegenständen ein Bild mit farbigem Rande, wodurch eine scharfe Beobachtung unmöglich wird. Glücklicher Weise besitzen Gläser verschiedener Natur beide Eigenschaften in sehr ungleichem Grade; bei Bleiglas z. B. ist die Farbenzerstreuung im Verhältniß zur Lichtbrechung viel stärker als bei dem bleifreien Crownglas. Wenn man daher eine hohle Linse von Bleiglas und eine bauchige Linse von Crownglas wie in Fig. 182. zusammensetzt, so werden sich beide — wegen der verschiedenen Gestalt — in ihrer Wirkung einander aufheben und zwar läßt sich leicht diejenige Krümmung berechnen und ausführen, bei welcher die Farben-

Zweck.

Fig. 182.



zerstreuung gerade aufgehoben, während die Brechung nur um einen gewissen Grad vermindert ist. Demnach giebt eine solche zusammengesetzte Linse, welche achromatisch heißt, ein farbloses Bild, welches nicht im Brennpunkt p der Bleiglaslinse, sondern etwas weiter

bei m liegt, und zu den optischen Gläsern gehören zwei verschiedene Massen, eine bleihaltige, das Flintglas *) und eine bleifreie, das Crownglas. —

Die Herstellung der ersteren hat ungemein viel größere Schwierigkeiten, die noch dadurch gehoben werden daß die Astronomen — als Erfahrmittel für die mit vielen Mängeln behaftete Hohlspiegel (Reflectoren) — Linsen von mehreren Fuß Durchmesser verlangen, wobei die Gelegenheit zu Fehlern natürlich viel bedeutender ist, als bei kleineren Gläsern. Durchdrungen von der Wichtigkeit des Gegenstandes ernannte die Society of arts in London 1824 eine Commission, um diese Schwierigkeit zu ergründen und einen sicheren Weg der Flintglasbereitung anzugeben. Faraday (als erstes Mitglied) lieferte, gestützt auf eine lange Reihe von Versuchen, einen Bericht, worin zwar der letzte Theil der Frage nur ungenügend, hingegen der erstere auf eine gründliche und interessante Weise gelöst ist. Nach ihm sind die gewöhnlichen Fehler des Flintglases entweder eine Art Entglasung, die wenig vorkommt und leicht, wie bei allen Bleigläsern, vermieden werden kann; oder Blasen und Streifen, welche ungemein hartnäckig sind. Der Nachtheil der Blasen ist weniger bedeutend, als es auf den ersten Blick erscheint, indem bei einiger Vorsicht doch nur wenige und nur sehr kleine zurückbleiben. Nun erfahren die durch das Glas fallenden Strahlen, indem sie aus dem dichteren Medium (Glas) in das dünnere (das Gas der Blase) übergehen, eine Zerstreuung, also das Gegentheil von Sammlung, dem Zweck einer Glaslinse; so daß derjenige Theil der Linsenoberfläche, unter welchem die Blase sitzt, als unwirksam, oder undurchsichtig betrachtet werden kann. Ungleich nachtheiliger, schwerer zu vermeiden und häufiger sind die Streifen, welche von ungleicher Dichte, also ungleicher Brechungsfähigkeit verschiedener Stellen der Masse herühren. In der That stellt sich diese Verschiedenheit — wenn sie auch an und für sich von dem Auge nicht so leicht empfunden wird — doch immer da, wo

*) Von Flint (Feuerstein), weil ursprünglich Feuerstein benutzt wurde.

Schwierig-
keiten. sich eine dichtere und eine weniger dichte Schichte einander berühren, als ein deutlicher Grenzstreifen dar. Insofern nun die Gestalt und Krümmung einer Linse, nur unter der bestimmten Voraussetzung einer vollkommen gleichen Dichtigkeit ihren Zweck erfüllen kann, müssen solche Streifen nothwendig die Veranlassung zu verzerrten Bildern und zur Undeutlichkeit geben. Die Entstehung dieses Fehlers ist aber nicht schwer nachzuweisen. Mit dem Eintreten des betreffenden Hitzgrades schmilzt nämlich der Sag nicht mit einemmal zu Flintglas zusammen, sondern das leicht schmelzbare Bleiorpd wird zuerst ein bleireiches, schweres Glas bilden, welches sich nach dem Boden senkt, während ein leichtes, bleiarmes Kaliglas nach oben steigt; die Vermischung beider zu wirklichem Flintglase erfolgt aber um so schwieriger, als die — oft um 1000° C. — verschiedene Temperatur am Boden und Rand des Hafens, beide Glasarten getrennt zu halten strebt. Selbst durch Umrühren — was wegen des Einflusses eiserner Geräthe auf das Glas (S. 533.) mißlich ist — läßt sich der Zweck nur unvollständig erreichen, weil sich im Laufe der ganzen Arbeit unaufhörlich (durch Einwirkung des Geschmolzenen auf die Hafenwände) leichtere Thonerdegläser bilden und, wie lange man auch rühren mag, wieder bilden, bis sie endlich als leichte Streifen in die Masse verwebt bleiben. Als man bei einer Probe eine Quantität gewöhnliches Flintglas, welche nur 6 Zoll im Hafen stand und 24 Stunden lang geschmolzen war, ohne umzurühren erkalten ließ, so fand man das Gewicht von 1 C. P. in je 10 Wägungen, nach einander:

in der oberen Schicht									
3,38	—	3,30	—	3,28	—	3,21	—	3,15	—
								3,73	—
								3,85	—
								3,81	—
								3,31	—
								3,30	Loth
in der unteren Schicht									
4,04	—	3,77	—	3,85	—	3,52	—	3,80	—
								4,63	—
								4,74	—
								4,75	—
								3,99	—
								3,74	Loth

woraus man deutlich sieht, wie selbst nach längerer Schmelzung die unten im Hafen befindlichen Schichten im Verhältniß von 4,10 : 3,43 im Mittel dichter bleiben und selbst in einer und derselben waagrechten Lage Theile von sehr ungleicher Dichte vorkommen. Ebenso merkwürdig ist das Verhalten von Flintglasstücken, welche so aus der erkalteten Masse ausgebrochen wurden, daß sie alle Schichten von unten nach oben enthielten; dieselben liefen nämlich unten, wo der Bleigehalt am größten ist, stark, oben gar nicht oder leicht an, wenn man sie in Berührung mit Schwefelwasserstoff brachte (durch Bildung von Schwefelblei). — Die von Faraday an diese Beobachtungen geknüpften Vorschläge, das Flintglas aus 1 Aeq. Vorsaure, 1 Aeq. Kieselensäure und 3 Aeq. Bleiorpd unter alleiniger Anwendung von Platingefäßen zusammenzuschmelzen, sind wegen der überaus bedeutenden Kosten und wegen des viel zu hohen Bleiorpdgehaltes (74 pCt.), welcher freilich dem Glase ein spec. Gew. von 6,4 gab, unpraktisch geblieben.

Im Ganzen laufen alle Verbesserungen in der Flintglasfabrikation in dem anscheinend geringfügigen Punkt zusammen, die Blasen und Wellen zu vermeiden, ohne der Masse durch einen übertriebenen Bleigehalt eine gelbliche Färbung oder im entgegengesetzten Fall eine zu geringe Brechungsfähigkeit (ein spec. Gew. unter 3,1) zu geben.

Bereits lange vor Faraday's Versuchen gelang es Fraunhofer in

der optischen Anstalt zu Benedictbeuren bei München — aus welcher das berühmte Teleskop der Sternwarte zu Dorpat hervorgegangen — größere streifenfreie Gläser darzustellen; das Geheimniß seines Verfahrens ist nach seinem Tode an v. Uhschneider übergegangen. Die wesentlichsten Vervollkommnungen sind von Fraunhofer erst nach dem Jahre 1813 gemacht worden, nachdem ihn sein berühmter gewordener Schüler Guinand der Vater (aus Brennetts in der Schweiz) bereits verlassen hatte, um in Choisy-le-Roi bei Paris eine Werkstätte zu gründen, worin er zuerst seine wichtige Verbesserung anbrachte Sie besteht in der Einführung eines Rührers aus Häfenmasse, welche ohne färbenden Einfluß auf das Glas, ein fortgesetztes Umrühren gestattet *).

Die genannte Werkstätte ging nach der Hand an Guinand's Sohn und bald darnach durch Kauf an Bontemps über, welcher die Frage über die Flintglasfabrikation gelöst zu haben scheint. Schon im J. 1828 sind von ihm Linsen von 132 bis 152 Linien Durchmesser geliefert worden, welche zwar frei von Streifen, aber wie die Guinand'schen, nicht ganz frei von Blasen waren. Seitdem ist es ihm gelungen, noch viel größere, ganz fehlerfreie, farblose Gläser von einem spec. Gew. = 3,5 bis 3,6 mittelst eines Verfahrens herzustellen, welches durch Vermittlung der Pariser Akademie bekannt geworden und im Nachstehenden kurz beschrieben ist:

Der Glasatz ist 200 Pfd. reiner Sand, ebenso viel reine Mennige und 60 Pfd. reine calcinirte Soda, welche zusammen gerade eine Hafenbesckickung von 460 Pfd. bilden. Warum der Erfinder Soda statt Potasche anwendet, ist auffallend, aber von ihm nicht näher erklärt worden; übrigens entspricht jener Satz ziemlich 15 Aeq. Kieselsäure auf 6 Aeq. Bleioryd und 4 Aeq. Natron, so daß die daraus geschmolzene Masse sehr wahrscheinlich das Guinand'sche Flintglas ist, worin das Kali durch Natron vertreten wird. — Das Schmelzen geschieht in einem besonderen Ofen mit Steinkohlenfeuerung, Fig. 183. und Fig. 184., (s. a. f. S.), welcher nur für einen einzigen, mit einer Haube *b* geschlossenen Hafen *A* eingerichtet ist, deren Mündung in die Arbeitsöffnung *d* anschließt, so daß das Glas zwar dem Arbeiter nicht aber der Flamme unmittelbar zugänglich ist. Zu beiden Seiten der runden Bank *C* befinden sich die Roste *r*, *r*, deren Schüröffnungen (durch die punktirten Linien des Grundrisses angedeutet) bei *a* und *a'* einander gegenüber liegen. Die Flamme umspült auf diese Art den Hafen von allen Seiten und wird, um ihre Wirkung noch gleichförmiger zu machen, von 6 symmetrisch gelegenen Essen *f*, *f*, *f* abgeführt, welche mit den Öffnungen *f'*, *f'*, *f'* (Fig. 184.) in Verbindung stehen. Der Hafen kann durch die Thüre (bewegliche Thonplatte) *g* aus- und eingeführt werden, worin die Arbeitsöffnung angebracht ist; unterhalb der zweiten Arbeitsöffnung *h* ist das Aufbrechloch *k*, um den Hafen in Bewegung zu setzen. Der Boek *l* mit

*) Die beiden S. 393. mitgetheilten Analysen des von ihm erzeugten Flintglases führen, wenn der zufällige Gehalt an Thonerde und Kalk unberücksichtigt bleibt, auf die Formel $2(2\text{K}\text{O}, 3\text{Si}\text{O}_2) + 3(2\text{Pb}\text{O}, 3\text{Si}\text{O}_2)$, woraus deutlich hervorgeht, daß das Flintglas mit dem Krystallglas zwar die Bestandtheile, aber nicht den Grad der Sättigung gemein hat.

Contemp's
Glin'glas.

der Rolle *i* dient zum Aufsetzen und Bewegen des eisernen Rührhafens, der in den Thoncyliner *p* eingesteckt wird. —

Fig. 183.

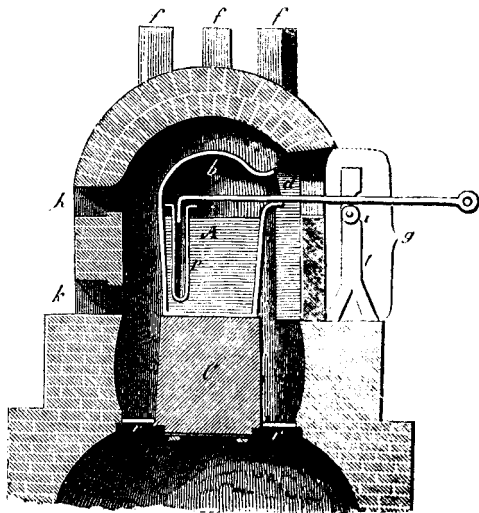
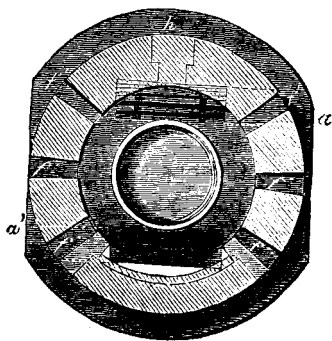


Fig. 184.



der sorgfältig von Asche u. gesäubert sein muß, und rührt mit dem Haken um. Die Thonröhre bleibt nun schwimmend im Glase und wird nur mit dem breiten Rand auf den Bord des Glashafens angehängt, dieser zugebedt und frisch geschürt. Nach 5 Stunden, wo die Masse schon ziemlich geläutert ist, beginnt das eigentliche Umrühren, eine andauernde und anstrengende Arbeit, welche von Stunde zu Stunde, unter jedesmaligem Austauschen der weißglühenden Hakenstangen gegen kalte, wiederholt wird und zwar mit einer einzigen, aber wesentlichen Unterbrechung, dem »Kalt schüren«. Man weiß nämlich, daß das Flintglas,

wie sehr es auch im heißgeschürten Ofen geläutert sein mag, bei niederer Temperatur, vor dem Erkalten, wieder Blasen entwickelt. Dieser Gasentwicklung Raum zu geben, ist der Zweck des Kalt schürens, welches vorgenommen wird, wenn 6 Rührstangen gewechselt, oder ebenso viel Stunden gerührt ist. Zwei Stunden nachher sind die Blasen verschwunden und das Heißschüren nimmt mit unausgesetztem Umrühren seinen Fortgang, bis nach ebenso viel Stunden die Masse durch eine gewisse Dickflüssigkeit das Ende der Schmelzung, oder den Zeitpunkt zu erkennen giebt, wo das Schüren unterbrochen und der Ofen ganz

lich geschlossen werden muß. Bis dahin sind 33 Stunden verfloßen, aber der Ofen muß 8 Tage bis zum völligen Erkalten stehen. Bontemps
Flintglas.

Meistens bildet der Inhalt des Hafens bis auf wenige losgerissene Stücke eine zusammenhängende Masse, an welche zwei gegenüberstehende parallele Flächen angeschliffen und polirt werden; dadurch erhält man Einsicht in das Innere und Kenntniß von der Lage der Streifen (welche nie ganz fehlen, aber meistens in einer bestimmten Region vorkommen), um darnach reine Stücke herauszuschneiden. Diese werden in einem Aufwärmofen gelinde erweicht und unter der Form einer Hebelpresse in die Gestalt einer Linse gebracht, dann gekühlt und geschliffen.

Fast ganz auf dieselbe Weise, nur viel sicherer, soll man das Material zu Crown Glaslinsen aus einem Saß von 120 Pfd. Sand, 35 Pfd. gereinigter Potasche, 20 Pfd. reinem Sodasalz, 15 Pfd. Kreide und 1 Pfd. Arsenik erhalten.

Bontemps hat sich der Akademie (durch den Astronomen Arago) erboten, die Linsen zu einem Fernrohr von 22 Zoll Deffnung nach folgender Berechnung zu liefern:

Die Flintglascheibe zu 22 Z. Durchmesser wiegt 80 Pfd.; zu 5 Fr.	
	das Pfd. macht 400 Fr.
Diese Masse zu erweichen für das Rohformen	150 Fr.
	<hr/> 550 Fr.
Die Crown Glascheibe wiegt 50 Pfd., das Pfd. zu 5 Fr. macht	250 Fr.
Erweichen und Rohformen	200 Fr.
	<hr/> 450 Fr.

während früher eine Flintglascheibe dieser Größe allein mit wenigstens 40000 Fr., d. i., dem mehr als 72fachen bezahlt werden mußte. Der Erfinder verspricht selbst Scheiben von 4 Z. ($38\frac{1}{4}$ Z. rh.) Durchmesser aus Flintglas zu 2500 Fr. zu liefern. —

Neben den Versuchen der angeführten Männer sind noch die von Körner, Steinheil und Döbereiner als verdienstvoll zu erwähnen.

Gefärbte Gläser.

Die Eigenschaft der meisten schweren Metallorxyde, farbige Verbindungen mit der Kieselsäure einzugehen, die sich in jedem beliebigen Verhältniß mit den gewöhnlichen Gläsern mischen lassen, giebt in ebenso reichem Maaße Gelegenheit, die Ergebnisse der Wissenschaft durch Anwendung fruchtbar zu machen, als sie dem Künstler ein reiches Feld der trefflichsten Wirkungen gewährt, welche ausnehmend durch das optische Verhalten des Glases gehoben werden. Obgleich Gläser jeder Zusammensetzung gefärbt werden können, so hängt es doch in den einzelnen Fällen von dem Zweck der Arbeit und der Natur der Farbe ab, ob man ein bleifreies, oder die ihrer höheren Brechungsfähigkeit wegen geeigneteren Bleigläser als Träger der Farben benutzt.

Entweder handelt es sich darum, die bereits besprochenen Waaren aus böh-

mischem Schleifglas oder Krystall mit Farben zu verzieren — gefärbte Gläser im engeren Sinn — was häufiger und leichter auf Krystall als bleifreiem Glase ausgeführt wird; oder die natürlichen Edelsteine, Gemmen und Cameen sollen durch Glas mit entsprechender Färbung nachgeahmt werden — die Glaspasten, wozu — wegen des nöthigen hohen Glanzes — nur Bleiglas gebraucht werden kann; oder endlich handelt es sich um wirkliche Glasmalerei, wo dann farbige Bleigläser als Farben zubereitet mit dem Pinsel aufgetragen und auf das bereits fertige Glas durch Schmelzen befestigt werden.

In allen diesen Fällen ist die Wirkung auf das durchgehende Licht, also auf durchsichtige Farben berechnet; das Gegentheil, also Wirkung auf zurückgeworfenem Licht beruhend, wie bei jedem gewöhnlichen Gemälde, findet bei dem Email Statt, worunter man undurchsichtige, leichtflüssige Gläser versteht, welche ebenso wie die durchsichtigen, als Grund oder Farbe gebraucht werden können. Letzteres geschieht z. B. in umfassender Weise auf der Glasur der Porzellan- und Fayence-Geräthe.

Wenn es auch unmöglich ist, in diesem ungeheuren Gebiet alle Einzelheiten zu berühren, so ist es doch nothwendig, zunächst einen Blick auf die Natur der Farben zu werfen, um alsdann kurzer Hand auf die Grundsätze ihrer Anwendung in den namhaft gemachten Fällen überzugehen.

Gelb: Kohle — entweder als solche zugesetzt, oder durch Zersetzung von Holz, Ruß u. im Glas erzeugt — wird darin auf eine eigenthümliche Weise, wo nicht gelöst, doch unendlich fein zertheilt, so daß je nach der Menge eine schmutzig gelbe bis dunkelbraune Farbe, aber ohne Feuer entsteht *). Man macht gegenwärtig davon um so weniger Gebrauch, als man das Gelb ungleich schöner durch Antimon — dies ist das wohlfeilere — oder Silber erzeugen kann.

mit Antimon

Das erstere wird dem Sasse gewöhnlich als Spießglangglas (*vitrum antimonii*) zugesetzt, welches man durch Rösten von Schwefelantimon zu Spießglangasche und Zusammenschmelzen derselben mit 3 bis 5 pCt. unzersehtem Schwefelantimon erhält. Die Röstung verwandelt das Schwefelantimon in antimonige Säure, welche beim Schmelzen mit dem weiteren Antheil Schwefelantimon, unter Entwicklung von schwefliger Säure, in ein hyacinthrothes durchsichtiges Gemisch von Antimonoxyd mit Schwefelantimon, das Spießglangglas verwandelt wird. — Antimonigsaures Kali (*antimonium diaphoreticum*) leistet

mit Silber

denselben Dienst. — Eigenthümlich ist die Behandlung des Glases mit Silber („Lasure“); man bereitet sich nämlich ein Gemenge aus gepulvertem Thon und Chlor Silber (Hornsilber), welches nicht etwa in den Glashafen zugesetzt, sondern auf die Oberfläche der bereits fertigen Waaren aufgetragen wird. Durch nachträgliches Erhitzen unter der Muffel zieht sich nun das Silber bis zu einer gewissen Tiefe in das Glas, und zwar bei einer Temperatur, bei der weder das Glas sehr weich wird, noch jenes Gemenge anhaftet. Es läßt sich daher nach dem Erkalten abschaben, wo dann die gelbe Farbe im vollen Glanz und Reinheit zum Vorschein kommt. Daß die Thonerde hierbei nicht nur mechanisch, sondern auch chemisch wirksam ist, beweist die Erfahrung, daß das Silbergelb nicht auf

*) Die gelbe Farbe der gemeinen Flaschen rührt davon her.

jedem Glase, sondern nur auf thonerdehaltigem mit Erfolg hervorgebracht werden kann.

Eine schöne, in's Grüne spielende, aber kostspielige und empfindliche Farbe mit Uran. giebt endlich das Uranoryd.

Ein wohlfeiles, sehr gewöhnliches etwas in's Braune ziehendes Roth, wird No 16: durch Zusatz von Eisenoryd (Fe_2O_3) zum Glasfuge, entweder als Blutstein, mit Eisenoryd. oder Röthel, oder Ocker, oder endlich reines Dryd (durch Glühen von salpeterfaurem Eisen) erhalten.

Schon in den ältesten Zeiten war durch Kupferorydul (Cu_2O) roth mit Kupfer-orydul. gefärbtes Glas bekannt, wie die Analyse einer Glaspaste von der Villa des Tiborius auf der Insel Capri beweist, worin 6,73 pCt. enthalten waren. Als Mittel, das bekannte prachtvolle Roth auf den gemalten Fenstern zu erzeugen, spielte das Kupferorydul die erste Rolle unter den Glasmalerfarben, bis die Kenntniß desselben mit dem Interesse für diesen Kunstzweig verloren ging, um erst neuerdings mit seinem Wiedererwachen zum zweiten Mal in's Leben gerufen zu werden. Um meisten verdankt man in dieser Beziehung Dr. Engelhardt (1827). — Das Kupferorydul kann entweder besonders durch Glühen von Kupferabschnitzeln dargestellt werden, oder man benützt den käuflichen Kupferhammerschlag, welcher vorzugsweise diese Drydationsstufe enthält; wenn das Drydul beim Niederschmelzen des Sazes Gelegenheit findet, seiner Neigung zu einer weiteren Sauerstoffaufnahme Folge zu leisten, so entsteht nicht die rothe, Farbe des ersteren, sondern eine grüne durch das gebildete Dryd (CuO). In diesem Sinn empfehlen alle Vorschriften die Hinweglassung von Drydationsmitteln und den Zusatz reducirender Stoffe, wie Kohle, Eisenhammerschlag, Zinnorydul, Ruß, faules Holz, roher Weinstein u. a. Damit läßt sich die Farbe des bereits grün gewordenen (durchgegangenen Glases) auch zu Roth wiederherstellen. — Das Kupferorydulglas zeigt nach vollbrachter Schmelzung, so wie es aus dem Hafen kommt, keineswegs seine eigenthümliche Farbe. Es ist alsdann beinahe farblos, mit einem schwachen Stich in's Grüne; geht jedoch sogleich in ein tiefes Roth über, wenn es nach dem Erkalten zum zweiten Mal, aber auf einen geringen Grad erhitzt wird. Bei kleinen Mengen ist eine bloße Lichtflamme hinreichend, um diese bis jetzt unerklärte, aber so interessante Erscheinung hervorzurufen. Die färbende Kraft des Kupferoryduls ist so ungeheuer, daß es selbst in sehr kleinen Gaben das Glas bis zur Undurchsichtigkeit röthet und dadurch unmöglich macht, einen noch durchsichtigen, oder überhaupt einen beliebigen Ton mit Sicherheit hervorzubringen. Eine Fensterscheibe von gewöhnlicher Dicke läßt in diesem Fall kein Licht mehr durch, noch weniger die Schleifwaaren und ähnliche Gegenstände. Man hilft sich nun sehr gut dadurch, daß man die ungefärbte Masse mit einer schwachen Schichte rothen Glases überzieht (das Ueberfange- Das Ueberfangen. gen) und diese durch Schleifen so lange verdünnt bis der rechte Ton erscheint. Zu dem Ende — wenn beispielsweise rothe Scheiben für die Glasmaler gemacht werden sollen — befinden sich zwei Häfen mit demselben Saz nebeneinander im Feuer, wovon der eine farblos, der andere roth gefärbt ist. Der Bläser nimmt nun zuerst ein wenig rothes Glas an die Pseife, dann durch mehrmaliges Eintauchen sehr viel weißes und bläst aus dem Ballen einen Cylinder,

19. der nach dem Strecken eine Tafel bildet, die einseitig aus einer Schichte rothem und weißem Glase besteht, deren Dicke im Verhältniß der aufgenommenen Massen sind. — Andere Gegenstände werden zuerst fertig geblasen und dann in den Hafen mit rothem Glase getaucht. — Insofern man an den überfangenen Waaren den farbigen Ueberzug nach Belieben stellenweise ganz abschleifen kann und umgekehrt, entspringen daraus sehr schöne Verzierungen, welche dann auch zum Ueberfangen mit Farben wie Purpur, Grün, Violet, Blau u. die Veranlassung gaben, bei denen die allzu große Intensität kein Grund sein kann. — Die prachtvollen Farben der mittelalterlichen Glasmalerei wurden nach dem Verfall dieser Kunst eine Zeitlang irrtümlich einem Goldgehalt zugeschrieben.

mit Gold

In der That bedient man sich gegenwärtig sehr häufig einer nicht minder feurigen Farbe durch Gold, welche nach Umständen als Scharlach-, Carmin-, Rosa- oder Rubinroth erhalten werden kann. Diese Anwendung des Goldes ging zuerst von Kunkel aus, der sich dazu eines bereits vor ihm von A. Casfius entdeckten Präparats, des Goldpurpurs bediente; man glaubte seitdem, daß das Gold in keiner andern Verbindungsweise könne benutzt werden, bis neuerdings Dr. Fuß das Gegentheil bewies.

Der Goldpurpur ist der dunkelbraunrothe Niederschlag, welcher durch Zusammenbringen einer Chlorgoldlösung mit einer Auflösung von Zinnesquiorpydulsalzen (Zinnchlorid = Chlorür) entsteht. Nach Fuchs soll man Eisenchloridlösung so lange mit Zinnchlorür versetzen, bis die gelbe Farbe blaugrün wird, und die entstandene mittlere Chlorstufe des Zinns bei starker Verdünnung mit der Chlorgoldlösung fällen. Die Gegenwart des Eisensalzes soll ohne nachtheilige Wirkung sein. — Nach Wollay gewährt das Pinksalz (Zinnchlorid = Chlorammonium) bei seiner Luftbeständigkeit und genau bekannter Zusammensetzung, die meiste Sicherheit und kann durch Digestion mit metallischem Zinn ($\frac{1}{3}$ seines Gehaltes = 10,7 pCt.) leicht und vollständig in die Zwischenstufe des Chlorür-Chlorids umgewandelt werden. Diese ist mit 18 Th. Wasser, die Goldlösung aber mit 36 Th. Wasser vor dem Fällen zu verdünnen, um einen Purpur von der richtigen Beschaffenheit zu erhalten, der alsdann auf einem Filter gesammelt, gewaschen und getrocknet wird. Ueber die Natur des Goldpurpurs*) sind die Chemiker im allergrößten Widerstreit, doch ist derselbe am wahrscheinlichsten nach Fuchs das Hydrat einer Verbindung von zinnsaurem Zinnorydul mit einem zinnfauren Goldoryd, welches zwischen dem Drydul und Dryd in der Mitte liegt, nämlich: $2(\text{SnO}, \text{SnO}_2) + \text{AuO}, 2\text{SnO}_2 + 6\text{aq.}$, wonach sein Goldgehalt 28,3 pCt. betragen soll. Seine färbende Kraft ist ziemlich bedeutend und die vorhandenen Vorschriften geben an 1 Th. des Goldpräparats mit 6, 9 bis 12 Th. Fluß (Bleiglassaß) zu verschmelzen. — Neuerdings hat nun Fuß in einer (von dem Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes in

*) Ganz neuerdings hat Figuier zu zeigen gesucht, daß die verschiedenen Niederschläge dieses Namens aus überschüssiger Zinnssäure und einem Rückstande von der beständigen Zusammensetzung $3\text{SnO}_2, \text{Au}_2\text{O} + 4\text{aq.}$ (zinnsaurem Goldorydul) bestehen, welche durch Kali getrennt werden können, hat jedoch die Widersprüche seiner eigenen Beobachtungen mit denen seiner Vorgänger nicht erklärt; denn nach Berzelius z. B. wird Goldpurpur von Kalilauge nicht verändert.

Preußen) gekrönten Abhandlung gezeigt, daß sich Rubinglas ohne Purpur erzeugen läßt, wenn man den gepulverten Glasfluß mit Zinnoryd mengt und das Gemenge vor dem Einschmelzen ohne weiteres mit der Goldlösung mischt; es erhält dadurch das Ansehen von grauem feuchten Sand. Auch geht aus älteren Angaben (von Neri, Libavius), so wie aus neueren (von Bessèyre, Splittgerber) und dem Verfahren der böhmischen und schlesischen Hütten zur Genüge hervor, daß selbst durch Zusatz von bloßer Goldlösung zu dem Flusse ohne alles Zinnoryd rosa- und carminrothes Glas erzeugt werden kann; denn der Goldpurpur selbst kann bei einer Temperatur, welche den Schmelzpunkt des grauen Roheisens übersteigt, wohl schwerlich unzersezt bleiben und als solcher wirken. — In ganz ähnlicher Weise, aber ebenso räthselhaft und auffallend sind die Farbenerscheinungen des Rubinglases in verschiedenen Temperaturen. Nach vollendeter Schmelzung ist dasselbe im Hafen farblos, zuweilen nach der Mitte zu grünlich bis topasgelb und am Boden roth bis in's Braunrothe. Das farblose Rubinglas bleibt bei allmäliger Erkaltung farblos; im Gegentheil, oder wenn nach der Verarbeitung zum anfangenden schwachen Glühen erhitzt, läuft es rasch, von den erhigten Stellen aus durch die Masse erst hellroth dann satt rubinroth an, bis diese fast undurchsichtig und in dickeren Stücken im reflectirten Licht schwarz erscheint. Dieses Anlaufen findet Statt, das Glas mag sich in einer oxydirenden oder reducirenden Atmosphäre, oder von Allem abgeschlossen befinden und zwar ohne weitere bemerkbare Aenderung, eine kleine Verminderung der Dichte (um 0,005 bis 0,008) abgerechnet.

Bereits roth angelautenes Rubinglas kann durch Einschmelzen und langsame Erkalten farblos gemacht und dann auf's Neue roth angelassen werden. Bei öfterer Wiederholung des Schmelzens, oder bei Ueberhizung verliert es seine Natur; es wird hellbraun mit einem Stich in's Violette und scheidet Goldkörnchen ab. Wenn endlich farbloses Rubinglas sehr plöglich erkaltet, so kann es nicht mehr zum Anlaufen gebracht werden, es ist durchgegangen und bleibt farblos. Diese Erscheinungen sind um so weniger einer theoretischen Aufklärung fähig, als man über den Zustand des Goldes im gefärbten Glase noch in trostloser Ungewißheit ist. Während das Verhalten der Dryde dieses Metalls die Annahme eines kiesel-sauren Goldsalzes im Rubinglas höchst gewagt macht, so fehlen der Ansicht Anderer, daß die Färbung von feinzertheiltem, metallischem Gold herrühre — obgleich sie durch Schubart neuerdings durch Zuziehung von ähnlichen Erscheinungen einige Wahrscheinlichkeit erhalten hat —, noch immer alle unmittelbaren Beweise. Im ersten Fall ließe sich der Farbenwechsel als ein Uebergang des Goldoryds in das purpurfarbene Zwischenoryd, unter Abgabe von Sauerstoff an einen andern Bestandtheil des Glases — in dem andern aber nicht so leicht erklären.

Die Schönheit der Farbe nimmt mit den helleren Tönen ab und ist nur bei fatten Tönen von gutem Feuer. —

Daß das Manganoxyd ein amethystfarbenes Glas giebt, ist bereits mit Mangan oben erwähnt worden. Man kann diese Färbung durch Zusatz von reinem Braunstein bewirken, muß aber wohl in Acht nehmen, daß das gebildete Drydsalz nicht durch Reduction — sei es durch den Kohlengehalt des Sazes

oder durch eine rußende Flamme — in nichtfärbendes Drydulsalz verwandelt wird.

Grün.

Sehr leicht und auf mehrfache Weise kann grün erhalten werden. Eine geringe Farbe von wenig Feuer liefert das Eisenorydul; viel schöner ist die von Kupferoryd (CuO) erzeugte Smaragdfarbe. Zu diesem Zweck versetzt man das Glas entweder mit dem Product, welches man durch fortgesetztes Glühen des Kupfers oder Hammerschlags (Glühspans) unter Luftzutritt erhält, oder noch besser, mit gepulvertem und getrocknetem Grünspan, der sich dann im Feuer zersetzt und unter Mitwirkung der Drydationsmittel zu Dryd wird. In beiden Fällen hat man darauf zu sehen, daß bei der Verarbeitung das Eisenorydul nicht in Dryd, das Kupferoryd nicht in Drydul übergeführt wird. Die Beobachtung, daß nur bleihaltige Gläser gut mit Kupferoryd gefärbt werden können, hat wohl darin ihren Grund, daß der gelbe Stich des Bleiglases, den bläulichen der Kupferfarbe zu Grün aufhebt und somit reinigt. Merkwürdiger Weise entsteht durch Kupferoryd in Gläsern, welche auf irgend eine Art (s. u.) ihrer Durchsichtigkeit beraubt, also trübe und nur eben durchscheinend gemacht sind, keine Smaragd- sondern eine Türkis-Farbe oder ein tieferes Blau, wovon man hier und da Gebrauch macht. — Das reinste und feurigste, seines höheren Preises wegen nicht so häufig verwendete (Gras-) Grün liefert das Chromoryd (Chromgrün), Cr_2O_3 , welches als Farbe im Handel vorkommt und aus dem zweifach-chromsauren Kali durch Reduction, z. B. mit Schwefel, Schwefelkalium, Salmiak, Kohlenpulver u. s. w. gefällt und nach dem Austreiben des Hydratwassers durch Glühen, als ein dunkelgrünes Pulver erhalten wird.

Blau.

Die einzige, unübertreffliche, blaue Farbe ist das Kobaltorydul (CoO), eben so leicht, nur mit etwas geringerem Erfolge auf Bleigläser als gewöhnliche reine bleifreie anwendbar. Für feinere Waaren und in der Glasmalerei fertigt man sich nach den meisten Vorschriften die Farbe durch Niederschlagen der Kobaltsalze mit kohlenfauren Alkalien; ähnliche Producte kommen als »schwarzes, rothes Kobaltoryd u. s. w.« auch im Handel vor. Die färbende Kraft des Kobalts ist so intensiv, daß reinweißes Glas von $\frac{1}{1000}$ noch merklich gebläuet wird; diese schon lange vor der Entdeckung des Kobaltmetalls (durch Brandt 1733) an den Kobalterzen gemachte Beobachtung neben der Schönheit und chemischen Haltbarkeit des kobaltblauen Glases, sind die Veranlassung zum Betrieb der Blaufarbenwerke gewesen, worin kobaltblaues Glas (gemahlenes) als Farbmaterial unter dem Namen Smalte (Schmalte) erzeugt wird.

Die Smalte.

Die Smaltebereitung ist in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts (1540 bis 60) in Sachsen erfunden und seitdem in großer Ausdehnung, als die einzige metallurgische Ausbeutung der Kobalterze, betrieben worden. Diese letzteren sind — abgesehen von den selteneren Verbindungen, wie Erdkobalt, Kobaltvitriol, Kobaltblüthe u. s. w. — hauptsächlich nur zweierlei, nämlich »Speißkobalt,« d. i. Arsenkobalt (CoAs_2) und »Glanz kobalt,« d. i. Arsenkobalt — Schwefelkobalt (CoAs_2 , CoS_2).

Es fanden

Die Kobalterze

	im Speißkobalt		im Glanzkobalt	
	krySTALLISIRT von Niedelsdorf Stromeyer	verb von Schneeberg Hofmann	verb von Lunaberg Barrentrapp	von Stutterud Stromeyer
Kobalt.....	20,31	13,95.....	23,44.....	33,10
Arsenik.....	74,21	70,37.....	69,46.....	43,47
Nickel.....	—	1,79	—	—
Eisen.....	3,42	11,71	4,95.....	3,23
Kupfer.....	0,16.....	1,39.....	—	—
Wismuth.....	—	0,01	—	—
Schwefel.....	0,88.....	0,66	0,90.....	20,08
	<u>98,98</u>	<u>99,88</u>	<u>98,75</u>	<u>99,88</u>

woraus man sieht, daß in den fraglichen Verbindungen (eigentlich mehr Arsenik- als Kobalterzen) der Kobalt durch andere Metalle: Kupfer, Nickel, Eisen u. s. w. theilweise vertreten wird. Das reichste, viel weniger mit fremden Metallen verunreinigte Erz, ist der Glanzkobalt. Viel häufiger, aber auch bei weitem mehr mit fremden Metallen verunreinigt, welche nicht allein zu seinem chemischen Bestand gehören, sondern als selbstständige Erze, seine stetigen Begleiter, in den Gängen neben ihm angetroffen werden, wie Arsenikkies, Arsenikalkies, Kupfernickel, Schwefelkies, Magnetkies, Kupferkies, Zinkblende, Grauspießglanzerz, Bleiglanz, Fahlerz, Zinngrauen und Wismutherze — findet sich der Speißkobalt. Durch die mechanische Reinigung („Aufbereitung“), welche der Verarbeitung der Kobalter vorausgeht und ein Schlämmproceß ist, mithin auf dem Unterschiede des specif. Gew der zu trennenden Gemengtheile besteht, lassen sich zwar die anhängenden Muttergesteine (Bergart), keineswegs aber jene fremden Erze abscheiden, insofern ihre Dichtigkeit mit derjenigen der Kobalterze nahe zusammenfällt. Indessen sucht man schon bei der Handscheidung (Trennen des Fremdartigen mit dem Hammer) die reineren Stücke möglichst auszuhalten; das Uebrige unterliegt der nassen Aufbereitung (Reinigen der gepulverten Erze durch Schlämmen).

Unter den fremden Metallen ertheilen Zinn, Antimon, Wismuth dem Kobaltglas eine Beimengung von Gelb; ebenso bedingt Zinkoryd in größerer Menge einen Stich in's Gelbe; die Farbe geht in's Violette, wenn geringe, und wird braun, wenn größere Mengen von Kupfer und Nickel zugegen sind. Dieselbe Wirkung hat Eisenorydul, die übrigens bei nicht zu großem Gehalt durch die Gegenwart des Arsens (als Entfärbungsmittel) unschädlich gemacht wird. —

Die Blaufarbenwerke haben nun zunächst die Aufgabe, den Kobalt der gemahlten und geschlämmten Erze in der Weise in Dryd zu verwandeln, daß die fremden Metalle entweder abgeschieden oder unschädlich gemacht werden — was durch Rösten geschieht — und alsdann das entstandene Dryd mit möglichst reinen Zusätzen von Kiesel-erde und Alkali zu verglasen.

Beim Rösten (worunter man immer ein Erhitzen [Glühen] unter Luft-Die Lösung.zutritt versteht) nehmen die im Erze enthaltenen Schwefelverbindungen Sauer-

Die Röftung. stoff auf, wobei sich schweflige Säure entwickelt, Dryde und schwefelsaure Salze bilden, während das flüchtige Arsenik von dem Luftzuge verbrannt und als arsenige Säure weggeführt wird. Das Auftreten dieser verwerthbaren, aber auch sehr giftigen Producte erklärt die Einrichtung des zum Röften dienenden Flammofens Fig. 185 und 186. Das Gewölbe *cc* und die Sohle *aa* des Röf-

Fig. 186.

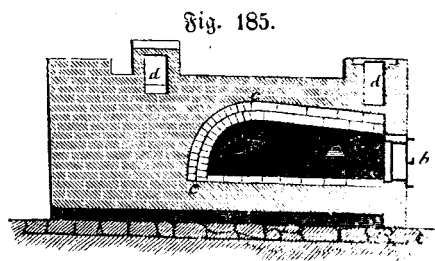
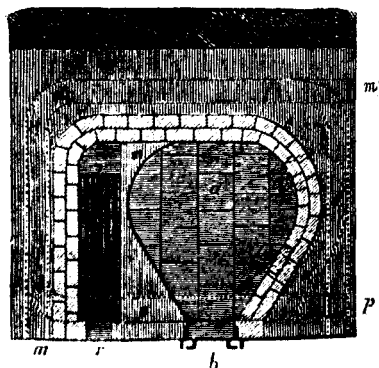


Fig. 185.



raumes sind aus feuerfesten Steinen hergestellt. Durch die Arbeitsthüre *bb* bringt man die Schliehe — das feingepulverte Erz — 3 bis 5 Etr. ein und breitet diese zu einer gleichen, 6 Zoll starken Schichte aus, welche alsdann von obenher durch die Flamme eines Holzfeuers auf dem Roste *r* getroffen werden. Diese nimmt ihren Weg über die zur Seite gelegene Feuerbrücke *nn*, um mit den flüchtigen Producten durch die Abzüge *oo* in gemeinschaftliche, um den Röftraum geführte Kanäle *dd* einzutreten.

Die Mündungen *mm* dieser Kanäle sind nur zum Ausräumen bestimmt und für gewöhnlich verschlossen, durch die Mündung *p* dagegen tritt der Rauch in einen langen, geschleiften Kanal (den Giftgang) oder eine geräumige Kammer (die Giftkammer), welche weit genug sind, um dem Zuge seine Geschwindigkeit zu nehmen. Darin findet also die arsenige Säure Ruhe und Gelegenheit, zu Boden zu fallen und sich anzusammeln.

Hat man mit reinen Erzen zu thun, so steht nichts im Wege, die Röftung bis zu Ende, d. h. bis zur vollständigen Drydation des Metalles zu treiben, es würde sogar zweckwidrig sein solches zu unterlassen, weil das unverändert gebliebene Schwefel- oder Arsenmetall sich beim nachherigen Schmelzen auf Kosten eines Theiles Kali zersetzen würde, nämlich zu Schwefelkalium und Kobaltoryd. Ganz anders verhält sich die Sache mit den unreinen Schliehen, wie sie gewöhnlich verarbeitet werden; denn im Falle ihrer vollständigen Drydation würden Nickel- und Kupferoryd — welche nicht durch Entfärbungsmittel unschädlich gemacht werden können — unfehlbar in die Farbe gehen und diese verderben, das Nickel durch einen hyacinthrothen, das Kupfer durch einen hochrothen oder grünen Stich. Für solche Erze ist daher die vollständige Röftung ein baarer Fehler und die Hüttenleute hüten sich wohl, dieselben tod t zu röften, wie sie es nennen. Wenn man nämlich mit dem Rö-

sten über einen bestimmten Grad nicht hinausgeht, so wird einerseits auch Arsenik zurückbleiben und andererseits der aufgenommene Sauerstoff nicht zu reichen, alle vorhandenen Metalle zu befriedigen, welche sich einander dieses Element streitig machen. Es wird aber nothwendig im weiteren Verlauf der Schmelzarbeit der Sieg auf der Seite derjenigen Metalle bleiben (Kobalt, Eisen u. s. w.), welche die größte Anziehung zu dem Sauerstoff besitzen, während die übrigen (Nickel, Kupfer, Silber, Wismuth, Arsen u. s. w.) in Folge ihrer geringeren Verwandtschaft, metallisch (als Regulus) abgeschieden und mit dem Arsen verbunden, als sogenannte Speise sich unter dem blauen Glase sammeln. Die Röstung. Eine zu schwache Röstung würde natürlich, wegen unzureichender Oxydation, das Uebergehen eines Theiles Kobalt in die Speise, folglich einen Verlust an Farbstoff zur Folge haben; dagegen ist ein kleiner Kobaltgehalt der Speise ein gutes Zeichen, um zu erkennen, daß die Röstung den rechten Grad erreicht und auch hinreichend Arsenik vorhanden war, um den Nickel zu binden, welchen er stärker anzieht als den Kobalt. Denn Arsen — Kobalt und Nickelsorpd tauschen ihre Bestandtheile beim Schmelzen zu Kobaltorpd und Arsennickel aus. — In der Speise fanden :

	Nickel	Arsen	Man- gan	Eisen	Kupfer	Kobalt	Anti- mon	Schwe- fel
Berthier	49,0	37,8	—	—	1,6	3,2	Spur	7,8
Wille	52,6	40,5	—	2,7	1,6	Spur	—	2,5
Wöhler	52,7	44,0	1,60			—	—	1,65

sie ist demnach eine Art von künstlichem Erz, aus Arsenik, Nickel und Schwefel bestehend.

Das von Wöhler untersuchte Product waren die Krystalle, die zuweilen in der Speise anschießen, offenbar Ni_3As mit Schwefelmetallen verunreinigt.

Wenn die Erze Wismuth enthalten, wie die Schneeberger im Erzgebirge, so pflegt man sie zuvor auf dieses Metall zu verhütten und dann in den Blaufarbenwerken zu verarbeiten, woselbst sich der Rest des Wismuths in eine besondere Schichte unter der Speise abscheidet.

Am hartnäckigsten und nicht gänzlich fortzuschaffen ist ein Gehalt von Zink, dessen Dryd dem Glase einen grünlichen Stich ertheilt.

Die Erfahrung hat gelehrt, was die Flussmittel anbelangt, welche dem ge- Der Saß. rösteten Schliech zugesetzt werden müssen, daß die Erden dem Ansehen der Farbe schaden, indem sie derselben theils den Glanz, theils die Reinheit benehmen; das Letztere gilt in noch höherem Grade von dem Natron. Daher wendet man weder Kalk noch Soda, sondern allein gereinigte Potasche an, um so mehr, weil die, den aufbereiteten Erzen noch anhängende Vergart, ohnehin sehr oft (wenn sie z. B. Dolomit ist) Kalk oder Bittererde in das Glas bringt.

Die Kieselserde wird stets als Quarz angewendet; jedoch nicht ohne vorhergegangene mechanische Reinigung desselben. Zu dem Ende wird der Quarz gebrannt (geglüht) um ihn mürber zu machen, dann gepocht (in Stampfmühlen gepulvert) und als Pochmehl geschlämmt und gewaschen. In den Schläm-

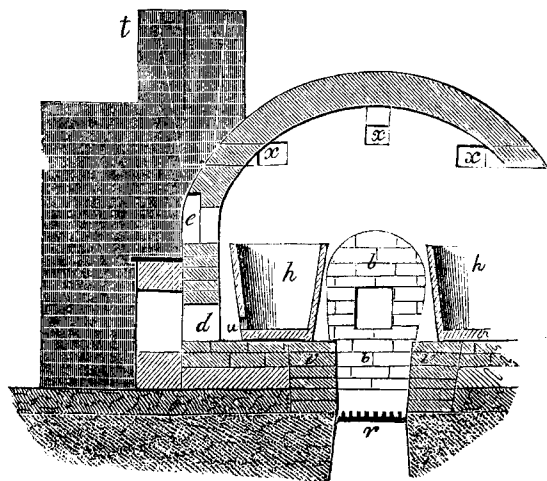
Der Sags. bottichen setzt sich nämlich das Grobe zuerst ab, während das Wasser die leichteren Erd- und Eisentheile mit wegführt. Auf diese Art setzt sich zuletzt reines Quarzmehl ab, dessen Feuchtigkeit durch Trocknen und Glühen entfernt wird; es heißt alsdann »Sand«.

Das Mischen des Erzes, Quarzes und der Potasche zu dem sogenannten Gemenge, dem Glasfage, geschieht einfach aber mit Sorgfalt in hölzernen Kasten unter Zusatz von weißem Arsenik, der wegen des Eisengehaltes nothwendig ist und als »Gistmehl«, d. h. so genommen wird, wie er sich in den Gistfängen findet. Dabei wird ein kleiner Antheil Kobaltorypd wieder gewonnen, den der Zug dahin mitreißt. — Die Höhe oder Tiefe des Farbentons der Schmalte hängt natürlich, für gleiche Mengen, Sand und Potasche, von der Menge des Kobaltorypds im Sages, mithin von der Menge des gerösteten Schliechs und seiner Güte ab. Diese oder die Farbekraft des Schliechs, beruht nicht allein auf seinem Kobaltgehalt, mit welchem die Tiefe wächst, sondern auch auf der Anwesenheit und Menge derjenigen Bestandtheile, welche, wie Kalk und Thonerde in das Glas eingehen und die blaue Farbe verdünnen. Auf der andern Seite sind in den Künsten eine Unzahl von Abstufungen im Farbenton zu verschiedenen Zwecken gebräuchlich. Man begreift daher leicht die Schwierigkeit der Anforderungen, denen der Hüttenmann entsprechen muß, insofern es sich darum handelt, durchaus nicht blaues Glas überhaupt, sondern einen ganz bestimmten Farbenton zu erzeugen, wozu ganz bestimmte Mischungsverhältnisse gehören. Diese sind wegen der von Röstung zu Röstung wechselnden Beschaffenheit der Erze, nur immer für den einzelnen Fall gültig. Da man nun in den Blaufarbenwerken immer einen (im Verhältniß zum übrigen) bestimmten Zusatz von Potasche — nämlich $\frac{1}{3}$ von dem Gesamtgewichte des Erzes und Sandes — festhält, so bleibt also nur noch das Verhältniß des Sandes zum Quarz zu ermitteln. Zu diesem Zwecke dienen fortlaufende Proben und zwar doppelter Art. Die einen nämlich belehren den Werkmeister, wie weit man die Röstung treiben muß, um mit einem und demselben Zuschlag das tiefste Blau, d. i. die höchste Güte des Schliechs zu erhalten. Die anderen geben ihm an die Hand, wieviel Sand einem gegebenen Schliech einverleibt werden muß, um einen bestimmten Ton zu erhalten. Beide sind Wiederholungen des Processes im Kleinen. — Auf diese Art ist man in Stand gesetzt, eine Anzahl bestimmter Farbenstufen (gewöhnlich 3) mit Sicherheit vorrätzig zu erzeugen, woraus dann jeder verlangte Ton gemischt werden kann. Dazu gehört eine vollständige Musterkarte aller Farbenstufen, welche sich durch Mischen aus jenen erzeugen lassen, und eine ähnliche Mustersammlung aller im Handel gebräuchlichen Töne. — Da nur durch genaues Einhalten der vorgeschriebenen Gewichtsmengen die gewünschte Farbe erfolgen kann, so werden die Bestandtheile des Sages nie hinzugemessen, sondern gewogen und zwar in trockenem Zustande. Weniger genau kommt es bei dem Zusatz des Arseniks (Gistmehts) darauf an, weil die Verflüchtigung das überflüssige mit wegnimmt; man setzt Gistmehl bis zur gleichen Quantität des Erzes zu.

Die Schmelzung des Sages ist von den gleichnamigen Arbeiten der übrigen Gläser nur in Beziehung auf das Auftreten der Speise verschieden; der

nämliche Umstand macht einige Aenderungen in der Einrichtung der Ofen, die rund oder viereckig, für Steinkohlen oder Holz bestimmt sein können — nöthwendig, wie die Skizze Fig. 187 näher erläutert. Die Häfen h h werden durch

Fig. 187.



die vermauerte Thüre h eingeführt und sind mit einer Oeffnung zum Ablassen der Speise, dem »Speiseloeh« u versehen, welches gerade dem »Anielloeh« d gegenübersteht. Dieses dient, um die Speise aus dem Ofen zu lassen, um verzetteltes Glas oder Heerdglas aus dem Ofen zu ziehen und ist während der Schmelzarbeit verschlossen. Gerade darüber befindet sich das Arbeitsloeh e zum Aus-

und Einkellen des Sages und Glases. Die Flamme wird auf dem Roste r erzeugt, steigt durch die Pipe v auf und tritt durch die Oeffnungen x x x aus dem Ofenraume, welche mit den kurzen Raminen t correspondiren. — Bei der Leichtflüssigkeit des Sages genügen für die Schmelzung 8 Stunden; während dieser Zeit rührt man öfter um, nur gegen Ende, wenn das Glas homogen und die Speise gehörig abgeschieden ist, muß das Rühren unterbleiben, um das Absetzen derselben nicht zu stören, wobei es nicht an Hitze fehlen darf. Nach beendigter Schmelze schöpft man das Glas mit Kellen aus und gießt es in kaltes Wasser, um es durch das Abschrecken mürber und zum Pulvern geeigneter zu machen.

Dieses, oder vielmehr das Mahlen geschieht zwischen zwei, in einem hölzernen Gehäuse unter Wasser laufenden granitnen Steinen, welche das Glas grob gepocht oder zwischen Walzen zerknirscht empfangen; auf der einen Seite läuft das durch Farbmehl getrübbte Wasser, welches ununterbrochen durch frischen Zufluß ersetzt wird, in die Untersatz- und von da in die Waschkäffer, um geschlämmt und gewaschen zu werden. In den Waschkäffern setzen sich die groben Theile ab (das sogenannte Streublau — weil es zuweilen als Streusand gebraucht wird, aber sonst nicht in den Handel kommt). Das Wasser mit dem noch schwebend gebliebenen, die Trübe genannt, passiert nach einander noch zwei Waschkäffer; in dem ersten setzt sich die eigentliche Farbe, in dem zweiten ein noch feineres Mehl als Eschel zu Boden. Die Wirkung des Wassers auf das feingemahlene Product ist — was man nicht übersehen darf — keineswegs eine bloß mechanische, sondern auch eine chemisch zersetzende. Das Kobaltglas zeigt nämlich, wie alle Gläser, welche ohne Kalk geschmolzen

Das Mahlen und Waschen.

sind, eine gewisse Auflöslichkeit, oder es zerfällt vielmehr in die eigentliche Farbe und ein halbgelöstes, vom Wasser angegriffenes Glas von schmutziger in's Graue ziehender Farbe. Auch werden sonstige nicht in's Glas gegangene Theile, besonders die Glasgalle, vom Wasser gelöst und beseitigt. Aus diesem Grunde werden beide, Farbe und Eschel, wenn sich die Trübe geklärt hat, ein zweites Mal mit neuem Wasser angerührt und verwaschen. — Die Waschwasser werden in Sümpfen (großen Bohlenbehältern) aufgefangen und liefern ein unreines Product, den »Sumpfeschel«, welches wieder eingeschmolzen wird.

Die reingewaschenen Farben sticht man aus den Waschküßern aus, worauf sie in den Trockenhäusern getrocknet und gesiebt werden. — Zuweilen ist das Mischen der Zwischentöne aus den Escheln und Farben Gegenstand besonderer Fabriken, der holländischen z. B., welche dieselben aus Sachsen beziehen, um daraus ihre Farben von so bekannter Schönheit zu machen. —

Während des Schmelzens ist das Speiseloeh mit einem Thonpfropfen verschlossen. Nach dem Ausschöpfen des Glases stößt man diesen ein, um die Speise durch das Knieloch in eiserne Formen abzulassen. Bei reinen, nur aus Glanzkobalt bestehenden Erzen, tritt natürlich gar keine Speise auf. — Die Glasabfälle und das Heerdglas werden mit Farben desselben Tons wieder eingeschmolzen.

Bekanntlich dienen die Smalten für alle Fälle, wo eine wohlfeile und dauerhafte blaue Deckfarbe anwendbar ist, z. B. als Anstrichfarbe, zum Bläuen des Schreibpapiers, der Wäsche u. s. w. Eine solche Farbe kann nur durch solche Einflüsse angegriffen oder zerstört werden, denen das Glas überhaupt unterliegt und deren sind so wenige, daß die Smalte die meisten Farben an chemischer Haltbarkeit übertrifft. Möglichste Reinheit neben einer vollkommenen Gleichförmigkeit des Tons sind die wesentlichsten Bedingungen ihrer Güte; der ersteren können übrigens die Blaufarbenwerke nur nach Maaßgabe der Reinheit ihrer Erze genügen, so wie sie manchmal außer Stande sind, wegen Armhaltigkeit derselben, Farbentöne über eine gewisse Tiefe hinaus darzustellen.

Zum Glasmalen und Glasfärben können auch reine Smalten gebraucht werden; sie sind indessen für feine Arbeiten nicht so zweckdienlich, wie die aus reinem Kobaltorydul bereiteten Flüsse, während — wie man leicht einsieht — für weniger feine Arbeiten, für das Bemalen der Thonwaaren und Kacheln z. B. der bloße Satz denselben Dienst leisten muß, wie die fertige Farbe, weil ja doch beide zuletzt aufgebrannt oder geschmolzen werden. In der That gehen Massen gerösteter Erze, mit dem nöthigen Quarzmehl verfest, unter dem Namen »Zaffer« oder »Safflor«*) in den Handel. Das Mischungsverhältniß derselben muß so abgeglichen sein, daß sie beim Verbrauch, also beim

*) Die Namen Smalte (smaltum, Corruption von Schmelz), Eschel (von Asche, wegen des Potaschenzusatzes) und Zaffer oder Safflor (Corrupt. von *σαφίρος*, Saphir, wegen der blauen Farbe), sind wohl ursprünglich synonym, bis sie der spätere Sprachgebrauch als unterschiedene Bezeichnungen der verschiedenen Producte eines und desselben Betriebs festgestellt hat. — Bei Kunkel wird das Wort Smalte ganz allgemein für Glasfluß, d. i. ein zur Färbung bestimmtes ungefärbtes Glas, z. B. den Straß, gebraucht.

Schmelzen mit der gehörigen Menge gereinigter Potasche genau den Farbenton liefern, mit dem sie bei der Sendung bezeichnet sind. Es läßt sich dieses, gerade wie bei der Smalte, durch vergleichende Proben erzielen.

Die bisher angeführten Farben sind die einfachen und so zu sagen die Grundfarben, aus deren Zusammenmischen — soweit das gegenseitige chemische Verhalten nicht im Wege steht — unzählige abgeleitete Farbe hervorgebracht werden können. So giebt Braunstein mit seinem 6fachen Gewichte Zaffer ein in's Granatfarbene ziehendes Braun; Eisenoryd mit Thonerde, durch Glühen eines Gemenges von Eisenvitriol und Alaun erhalten, Fleischroth, ebenso Gold und Silber gemengt; Antimonpräparate mit Kupferoryd ein schönes Grün; Roth von Eisenoryd (Ocker) mit Gelb aus Silber Orange u. s. f. — Schwarz, insofern es nur ein Mangel an Licht, aber keine eigentliche Farbe ist, kann natürlich nicht zugleich durchsichtig sein. In Ermangelung eines Mittels, welches unmittelbar Schwarz liefert, nimmt man stets seine Zuflucht zu sehr intensiv färbenden Stoffen, welche so stark aufgetragen werden, daß gar kein Licht mehr durchgelassen wird. Dahin gehören Braunstein, Eisenorydul, Kobaltorydul und Kupferorydul zu zwei oder drei miteinander gemengt, je nachdem man entweder ein in's Braune, in's Blaue oder Graue ziehendes Schwarz hervorbringen will. — Unter dem Namen Hyalith ist eine in Böhmen privilegirte schwarze undurchsichtige Glasmasse bekannt, welche sich durch hohen Glanz und Härte auszeichnet. Sie wird zu Servicen, Gefäßen, Schmuck u. verarbeitet und angeblich aus Schlacken und Basalt geschmolzen.

Gemischte Farben.

Zur Nachahmung der natürlichen Edelsteine ist eine Glasmasse erforderlich, welche mit der höchsten Reinheit und Farblosigkeit den äußersten Glanz vereinigt, d. h. in ihren Eigenschaften, die Härte abgerechnet, dem Diamant so nahe wie möglich kommt. Dieser — nach einem älteren Erfinder sogenannte Straß, ist ein mit Quarz und Bor säure geschmolzenes Glas aus ganz reinem Kali — am besten durch Alkohol gereinigtes Aeskali. — Donaul-Wieland, der sich viel mit diesem Gegenstande beschäftigt hat, giebt z. B. folgende Vorschriften:

Straß.

	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.
Gemahlenen Bergkrystall . . .	100 . . .	— . . .	100 . . .
Sand	— . . .	100 . . .	— . . .
Reine Mennige	156 . . .	— . . .	154 . . .
Bleirweiß	— . . .	171 . . .	— . . .
Gereinigtes Aeskali	54 . . .	32 . . .	56 . . .
Borarsäure	7 . . .	9 . . .	6 . . .
Arsenige Säure	$\frac{1}{3}$. . .	$\frac{1}{3}$. . .	$\frac{1}{6}$. . .

woraus man sieht, daß der Straß dem Flintglas sehr nahe steht und sich nur durch den höheren Bleigehalt unterscheidet. Die Analysen des Wieland'schen Straßes S. 391. entsprechen der einfachen Zusammensetzung $\text{KO}, \text{SiO}_3 + 3 \text{PbO}$, SiO_3 , oder genauer $3 \text{KO}, 4 \text{SiO}_3 + 3 (3 \text{PbO}, 4 \text{SiO}_3)$. — Durch Zusammenschmelzen des farblosen Straßes mit färbenden Metallpräparaten erhält man Nachahmungen der verschiedenen Edelsteine: so des Topas mit Spießglanzglas und Goldpurpur, oder mit Eisenoryd; Rubin mit Goldpurpur;

Smaragd mit Kupfer- oder Chromoryd; Saphir mit Kobaltoryd; Amethyst mit Kobaltoryd und Goldpurpur; Beryll mit Spiegglanzglas und Kobaltoryd; Granat mit Goldpurpur, Spiegglanzglas und Mangan zc.

Glasmalerei.

Nachdem man in den frühesten Epochen dieser Kunst, deren Erzeugnisse sich zu denen der späteren Zeitabschnitte, wie ein Kupferstich zu einem Delgemälde verhielten und lediglich in Schwarz ausgeführte Zeichnungen auf weißem Glase waren, auf die Glasmosaik gekommen war, bildeten sich diese allmählig zu derjenigen Vollkommenheit aus, wie sie noch jetzt aus den Händen der Künstler hervorgeht. Die Glasmosaik ist diejenige Art der Malerei, die man in den ältesten Kirchen und Baudenkmalen des Mittelalters vorfindet; solche Mosaik-Gemälde wurden aus farbigen Tafeln stückweise ausgeschnitten, die Stücke mit Schatten aus eingebrannter Schmelzfarbe versehen und mit der Vorsicht durch gezogenes Blei verbunden, daß dieses möglichst mit den Umrissen zusammenfiel. Später lernte man außer dem Schwarz noch andere und zwar durchsichtige Farben einbrennen, woraus die Glasmalerei im engeren Sinn hervorging, ein Kunstzweig der durch die alchemistischen Bestrebungen der damaligen Zeit mit vielen technischen Mitteln bereichert, und durch die künstlerischen Leistungen eines A. Dürer, van Dyk, L. v. Leyden u. A. auf die hohe Stufe gebracht wurde, welche immer Bewunderung verdienen wird. Im 15. und 16. Jahrhundert erreichte die Kunst ihre höchste Blüthe, versank aber bald mit der veränderten Richtung des Geschmacks beinahe gänzlich in Vergessenheit, um erst im 19. Jahrhundert ihre Auferstehung zu feiern. Sie hat seitdem in der Chemie — einer Wissenschaft, von welcher sie in ihrer technischen Beziehung stets abhängig sein wird — eine mächtige Bundesgenossin gefunden, die zu ihrem Fortschritt am wesentlichsten mitgewirkt hat. Man kann zwar — die Anfertigung des rothen Ueberfangglases, so wichtig als Grund und Lichtdämpfungsmittel für den Effect, abgerechnet — nicht sagen, daß die Glasmalerei ihre Auferstehung der neueren Chemie verdanke, dazu ist die Mitwirkung des Künstlers noch wesentlichlicher; überhaupt war sie keineswegs eine verloren gegangene, sondern nur vernachlässigte Kunst, deren technischer Theil in den Werken von Neri, Kunkel, Le Vieil u. A. nach ihren Hauptgrundsätzen aufbehalten worden. Dagegen wird Niemand eben in technischer Beziehung die Ueberlegenheit der modernen Kunstwerke bezweifeln, wenn diese auch künstlerisch genommen, gerade in ihrer edelsten Bestimmung, der Kirchenmalerei, mit dem erhabenen Styl der Architekturen nicht in so hohem Einklang, wie die des Mittelalters, sondern eher durch eine peinliche Vollenbung und fast kleinliche Behandlungsweise, zum Ganzen in geistigem Widerspruch stehen.

In der Glasmalerei kommen drei wesentliche Dinge in Betracht: das zu bemalende Glas, die Farbe und der Fluß. Unter Fluß versteht man den Subgriff derjenigen Zusätze, welche nöthig sind, um mit der Farbe — dem betreffenden färbenden Metallpräparat — ein farbiges Glas zu bilden. Weide, Farbe und Fluß, werden nämlich innig gemengt, als ein zartes Pulver mittelst des Pinsels auf das Glas aufgetragen und durch Erhitzen zu einem Glas geschmolzen, welches dadurch auf der Unterlage (einer Glastafel zc.) anhaftet und durchsichtig geworden, den Farbeffect hervorbringt. Man begreift leicht, daß

das Gelingen solcher Arbeiten auf der einen Seite ebenso bestimmt eine vollständige Verglasung der Farbe voraussetzt, als es auf der andern Seite jedes Zerfließen, Ausbreiten oder Einziehen in die Grundmasse ausschließt, welche dem Bild alle Schärfe der Zeichnung benehmen und die Umrisse verwischt erscheinen lassen. Zu dem erwächst aus dem Umstande, daß die zu malenden Arbeitsstücke meist erst nach gänzlicher Vollendung in die Hände des Malers kommen, die weitere Nothwendigkeit, beim Einbrennen jede Formveränderung durch Erweichen u. auf's strengste zu vermeiden. Nach diesen Rücksichten muß der Schmelzpunkt des zu malenden Glases und der Farbe möglichst weit auseinander liegen, d. h. die Farbe muß bei einem Hitzgrad in Fluß kommen, bei welchem das zu malende Glas kaum oder noch nicht weich wird und die Temperatur des Einbrennens darf nicht weiter getrieben werden, als eben nothwendig. Es begreift sich nun, warum man zum Malen keine Waaren aus Bleiglas, sondern am besten von hartem böhmischen bleifreien Glase wählt und den Fluß durch Borax, Mennige, auch Bismuthoxyd leichtflüssig macht. — Um ein Gemälde auszuführen, pflegt der Maler eine Zeichnung auf Papier (den Carton) unterzulegen und die abgeriebenen Farben nach dieser Anweisung mit Terpenthinöl (auch wohl bloßem Wasser) aufzutragen und nach dem Trocknen einzubrennen. Nach der älteren Methode schichtete man die Scheiben z. B. mit trockenem, an der Luft zerfallenen Kalk in eine eiserne Pfanne, die nun in einem besonderen Ofen zum Rothglühen erhitzt wurde; hierbei richtete sich das Auge des Malers nach der Glühfarbe der Pfanne und nach dem Grade der Biegsamkeit einiger Probescherben, oder »Wächter« zur Beurtheilung des richtigen Ganges. Neuerdings dienen immer sogenannte Muffelöfen, kleine aus Thon aufgeführte Defen, worin die über dem Roste befindliche Muffel — ein viereckiger oben rund überwölbter Kasten, ähnlich wie Fig. 188 — zur Aufnahme der zu brennenden Waaren bestimmt ist. — Es ist zu bemerken, daß man beim Malen der Scheiben die in Braun oder Schwarz gegebenen Contouren auf die eine, die Farben dagegen auf die andere Seite aufträgt; bei anderen Gegenständen hat man keine Wahl.

Diejenigen leichtflüssigen Gläser, welche zum Ueberziehen von Metall- und ähnlichen mit dem Feuer verträglichen Arbeiten dienen und bald zum Schutz der Oberfläche gegen chemische Einwirkung, bald als bloße, besonders der Aufnahme von Farben fähige Verzierung dienen, heißen Schmelz (Schmelzglas) oder Email. Zuweilen, wie bei Goldarbeiten, Ordensdecorationen sind sie durchsichtig und nur gewöhnliche, leichtschmelzbare Bleisflüsse, meistens dagegen undurchsichtig und zugleich bestimmt, die natürliche Oberfläche (von Gußeisen, Thonwaaren, Messing u.) zu verdecken und derselben ein porzellanartiges Ansehen zu geben. In diesem Fall ist die Zusammensetzung etwas abweichend. — Wenn nämlich irgend ein Bestandtheil des Glases, der unfähig ist in den Fluß einzugehen, entweder feinertheilte darin zurückbleibt, oder in diesem Zustande in Verlauf der Schmelzung sich ausscheidet, so wird ein solcher Bestandtheil in der durchsichtigen Glasmasse als ein feiner trüber Niederschlag schweben, gerade so wie ein Niederschlag in einer wässerigen Auflösung. Wenn ferner ein solches Glas beim Verarbeiten erstarrt, so werden die schwebenden Theile dadurch an ihrer Stelle von den starren Glastheilen umschlossen und die Masse undurchsichtig, milchig erscheinen,

Emailartige
Gläser.

sofern der Niederschlag oder das Trübende weiß, d. h. ungefärbt ist. In der That läßt sich diese Erscheinung willkürlich und leicht durch Zinnoryd (Sn_2O_3), Antimonssäure (Sb_2O_3) Chlor Silber*) (Cl_2Ag) und phosphorsauren Kalk (Knochenasche) hervorbringen. Alle bewirken einen weißen Niederschlag, also ein milchweißes Glas, jedoch werden Zinnoryd und Knochenasche vorzugsweise verwendet. Wie natürlich hat man es ganz in seiner Gewalt, ob man durch einen geringern Zusatz ein nur durchscheinendes, oder durch einen starken ein ganz undurchsichtiges Glas erzeugen will. Von der ersten Art ist das sogenannte Beinglas, von der letzteren der Email im engeren Sinn, z. B. für Gufeisen, Zifferblätter, Fayence u. s. w.

Beinglas.

Das Beinglas wird in ziemlich ausgedehnter Weise auf den Glashütten und zwar das gemeinere zu Lampenschirmen u. s. w. aus gewöhnlichem weißen Hohl-Glase, das feinere zu Schleifwaaren aus Krystallglas mit einem Zusatz von 8 bis 10 und 20 Proc. weißgebrannten Knochen gefertigt, je nach dem Grade der Durchscheinheit. Nach geendigter Schmelzung findet sich das Glas im Hafen vollkommen klar und durchsichtig und die Milchfarbe tritt erst während des Blasens, oder vielmehr beim Anwärmen hervor und zwar um so deutlicher, je öfter dieses wiederholt wird. — Wie sich an den Lampenschirmen am besten beobachten läßt, erleidet das Licht bei seinem Durchgang durch ein solches getrübttes Glas (genau wie bei milchig getrübtten Flüssigkeiten) eine Veränderung (durch Einschließung); es entsteht dadurch eine Art Farbenspiel, die man das Opalisiren nennt.

Email.

Der undurchsichtige Email ist ein zinnorydhaltiges Bleiglas; man benützt dazu mit Vortheil die bekannte Erfahrung, nach welcher sich ein Gemisch aus Zinn und Blei in der Rothglühhitze und bei Luftzutritt ungleich leichter oxydirt — in Folge der Anziehung der entstehenden Zinnsäure zum Bleioryd — als die Metalle einzeln und stellt sich eine bleiische Zinnasche, oder zinnische Bleiasche dar, welche zu gleicher Zeit dem Fluß das Blei und dem trübenden Körper das Zinn liefert und mit Kiesel Erde und Alkali versetzt unmittelbar den Email bildet.

Insofern man sich immer nach den Erfordernissen richten muß, also nach dem Grade der Schmelzbarkeit, nach dem der Härte u. s. w., sind allgemein gültige Regeln nicht denkbar. In jedem Falle verschafft man sich zuerst die Metallasche durch Calciniren von 1 Thle. Zinn mit 1 bis 6 Thln. Blei in einem flachen gußeisernen Gefäß bei der Dunkelrothglühhitze in einem Luftstrom. Je fleißiger man die entstehende Drydhaut zur Seite schiebt, um so eher ist die Arbeit beendet; so fein zertheilt die gelbe Asche auch an und für sich erhalten wird, so ist es doch stets nothwendig, dieselbe vorher abzureiben und zu schlämmen, um die Metallkörnchen abzusondern. Folgende Beispiele zeigen, in welchem Verhältniß die Asche mit den anderen Stoffen versetzt wird:

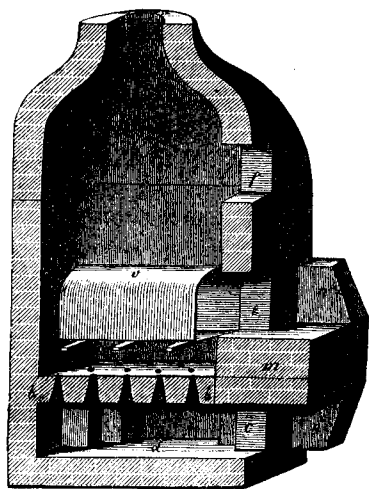
4 Thle. Asche (aus 4 Thle. Blei mit Zinn), 4 Thle. reinen Sand, 1 Thl. Kochsalz oder: 1 Thl. Asche (aus gleichen Thln. Blei und Zinn), 1 Thl. Quarzmehl, 2 Thle. gereinigte Potasche, oder:

*) Praktiker wollen erfahren haben, daß mit Silber gefärbtes Glas für gewöhnlich gelblich und klar, in der oxydirenden Flamme zu einer gelbopalisirenden Masse anläuft.

die Asche von 3 Thln. Zinn und 10 Thln. Blei mit 10 Thln. Quarzmehl und Einbrennen des Email.
 2 Thle. gereinigte Potasche, oder:
 die Asche von 4 Thln. Zinn und 10 Thln. Blei mit 10 Thln. Quarzmehl und
 2 Thln. reinsten Soda.

Im Falle einer nicht vollkommenen Reinheit der Bestandtheile kann auch wohl Braunstein als Entfärbungsmittel angewendet werden. Der Gleichförmigkeit und vollständigeren Vereinigung wegen pflegt man die Masse anfänglich in einem Tiegel zu fritten und erst die gepulverte Gritte durchzuschmelzen. Der fertige Email kann nur in der Art wie die Glasfarben, nämlich mit dem Pinsel aufgetragen und muß daher aufs Feinste abgerieben werden. Das Einbrennen geschieht in der Muffel *v*, einem von außen geheizten Kasten aus dünnen Thonplatten, dessen Inneres in keiner Weise mit dem Feuerraum *A* des Ofens Fig. 188 in Verbindung steht. Die Muffelöffnung ist nämlich so an die Oeffnung *e* des Ofens angestossen, daß beide nur einen einzigen Zugang bilden. Die durchbrochene Thonplatte *bb*, dient als Roßt und empfängt den Zug

Fig. 188.



durch die (3) Oeffnungen *cc* des Aschenfalls *d*. Zur Bequemlichkeit befindet sich vor der Arbeitsöffnung *e* ein Gefäß *m*, welches von den Wangen *nn* getragen wird. Die Oeffnung *f* dient zum Schüren und kann wie die übrigen Zugänge — durch thönerne Einsätze verschlossen werden.

Vor dem Beginn der Arbeit muß der Ofen hellrothglühend sein, worauf man die Arbeitsstücke einsetzt und die Oeffnung *e* in der Art mit einigen Kohlen zu-
 setzt, daß eine kleine Lücke bleibt, um den Fortgang der Schmelzung zu beobachten. Zum Gelingen des Emailirens ist es nothwendig, zwischen einer übertriebenen Einwirkung der Hitze — welche das Abfließen des Emails verursacht — und zu

schwachem Feuer, oder zu kurzem Brand — wobei seine Oberfläche rauh bleibt — die Mitte zu halten. Am meisten ist aber das gute Ansehen emailirter Arbeiten durch Luftblasen gefährdet, wenn diese keine Gelegenheit finden zu entweichen. Sie bringen entweder eine bloße Erhöhung hervor oder, wenn sie zerplagen, ein Loch, und machen nicht selten Nachbesserungen nothwendig.

Ueber die Zusammensetzung des Emails läßt sich nichts Bestimmtes angeben, da man keinerlei Kenntniß von der Verbindung hat, durch deren Ausscheidung die Trübung oder Undurchsichtigkeit der erkaltenden Glasmasse bewirkt wird. Die Analyse, S. 391, entspricht einem Glas aus 11 Aeq. Kieselsäure, 5 Aeq. Bleiorpd, 3 Aeq. Kali und 2 Aeq. Zinnorpd, woraus nur hervorgeht, daß der Email mehr Bleiorpd und weniger Kieselerde enthält, als irgend eines der untersuchten Gläser. —

Gerade so, wie ein farblosor Glasbestandtheil einen weißen Email, so wird ein farbiges Glas mit Emailzusatz einen farbigen Email liefern; auch wird eine durchsichtige Glasmalerfarbe, auf einen gewöhnlichen Email eingebrannt, bei der Undurchsichtigkeit des Hintergrundes, den Eindruck eines gefärbten Emails machen. Das Letztere ist in der That das Wesen der Emailmalerei, deren Wirkung auf das zurückgeworfene, nicht auf das durchgehende Licht berechnet ist. Die Farben werden theils mit dem Fluß gemengt aufgetragen, theils mit demselben vorher zusammengeschmolzen, wenn das färbende Metall mehr Hitze bedarf, um in die Verbindung einzugehen, als man ihm beim bloßen Einbrennen geben kann. Im ersten Fall ist die Farbe ein bloßer Saß, der beim Einbrennen zu Glas wird; im andern Fall ein schon fertiges Glas, welches nur aufgeschmolzen wird. Die Natur der Sache giebt von selbst an die Hand, daß die Farbe leichtflüssiger sein muß, als der Email, und daß — wenn mehrere Farben nach einander eingebrannt werden — die nachfolgende immer leichtflüssiger sein muß, als die vorhergehende. Beim Einbrennen dient übrigens derselbe Ofen, wie er in Fig. 188 abgebildet ist. —

Aventuringlas.

Unter dem Namen *Aventuringlas* wurde früher in Venedig ein gefärbtes Glas angefertigt und zu Schmuckwaaren verarbeitet, dessen Beschaffenheit und Ansehen auf einem ähnlichen Umstande, wie bei dem gleichnamigen Mineral (einer Art Bergkryształ) beruht. Es enthält nämlich in einer, übrigens sehr leichtflüssigen, braunen, oder in dünnen Schichten gelben Grundmasse zahlreiche, äußerst feine, gelbe, metallglänzende Blättchen eingeschlossen, welche dem ganzen ein eigenthümliches Ansehen geben. Die gewöhnlichen Angaben, wonach das *Aventuringlas* durch Einschmelzen von Metall- oder Glimmerblättchen erhalten werden soll, sind um deswillen unstatthaft, weil diese Flitter unter dem Mikroskope als vollkommen undurchsichtige, regelmäßig drei- oder sechsseitige Tafeln von krystälinischer Structur erscheinen. — Aus mehreren Proben erhielt Wöhler im Mittel:

Kieselerde (mit Spuren von Zinnoryd)	65,2
Phosphorsäure	1,5
Kupferoryd	3,0
Eisenoryd	6,5
Kalkerde	8,0
Bittererde	4,5
Natron	8,2
Kali	2,1
Spuren von Thonerde mit Schwefelsäure	—
	<hr/> 99,0

woraus sich ergibt, daß die Masse im Grunde ein gewöhnliches, jedoch an Basen auffallend armes Glas ist, welches seine übrige Beschaffenheit und Farbe dem Kupfer (Drydul) verdankt. Die Undurchsichtigkeit jener Blättchen läßt nun auf einen metallischen Zustand und das gleiche Ansehen, so wie die gleiche Kryształform derjenigen Metalltheilchen, welche man durch Reduction eines Kupfersalzes durch phosphorige oder schweflige Säure erhält, lassen darauf schließen,

daß die flimmernden Blättchen im Aventuringlas feine Krystalle von metallischem Kupfer sind, hervorgebracht durch Zusatz einer stark reducirenden Substanz zu schmelzendem, kupferhaltigem Glase. Wenigstens hat man ganz ähnliche Flimmer in Kupfergahreschlacke gefunden *).

Eine ganz eigenthümliche, insofern sie auf zurückgeworfenes Licht berechnet ist, der Emailmalerei ähnliche Wirkung, bringt die mühevoll und daher selten unternommene Glasmosaik hervor, welche — von der ältern aus Scheiben zusammengesetzten Glasmosaik wohl zu unterscheiden — von jeher ihren Hauptsitz in Rom gehabt hat. Das Material für diese Gemälde sind $\frac{1}{2}$ Zoll lange, dünne Stäbchen oder Stängelchen aus einem höchst leichtflüssigen Glase in allen denkbaren Farben und Schattirungen, welche in besonderen Anstalten erzeugt werden. Dasselbst schmilzt man farbige Glasmassen und formt daraus eine Art Kuchen, welche die Arbeiter mittelst besonderer Kunstgriffe, nämlich durch geschickte Schläge mit einem scharfen Hammer und Ambos erst in Platten, dann in Stängelchen zertheilen. In dieser Gestalt erhält sie der Künstler im Handel; er erweicht sie beim Gebrauch in einer Lichtflamme, zieht daraus einen dicken Faden und bricht davon ein Stückchen ab, so lang als das Gemälde dick wird. Diese Stückchen werden nunmehr eins nach dem andern, nach der Anweisung eines Cartons, in die mit einer Lage Kitt bestrichene Kupferplatte eingesetzt, welche zur Aufnahme und zur Befestigung des Gemäldes dient. Wenn die ganze Platte angefüllt ist, bleibt es noch übrig, die Oberfläche — welche wegen der ungleichen Länge der Stiften ungleich und unansehnlich ist — eben zu schleifen und zu poliren. Alsdann füllt man, wenn der Schleifstaub sauber ausgewaschen ist, die Zwischenräume zwischen den Stiften mit Wachs aus, welches jedesmal von der Farbe der betreffenden Partien sein muß. — An dem größten aller bekannten Mosaikgemälde, dem Abendmahl nach Leonardo da Vinci, (12 F. hoch und doppelt so lang) arbeiteten 8 bis 10 Künstler täglich 8 Jahre lang.

Noch sind einige besondere mechanische Behandlungsweisen und Arbeiten in Glas zu erwähnen, welche in mehrfacher Weise interessant und nicht so ganz von selbst verständlich sind.

Wenn eine durchsichtige Flüssigkeit auf einer Unterlage mit rauher Oberfläche steht, welche davon nicht benetzt wird, so bleibt zwischen beiden eine Luftschicht haften, welche die durch Flüssigkeit gesehene Unterlage silbermatt erscheinen läßt. Diese Erscheinung sieht man häufig, wenn Regentropfen in den wolligen

*) Das Vorhandensein gefärbter Gläser bei den Alten gegenüber einer beinahe gänzlichen Unkenntniß der Metall-Chemie und -Präparate, ist für die Erklärer schon öfter eine Verlegenheit gewesen. Es läßt sich diese Frage am natürlichsten durch die Beobachtung von Knor beantworten, welcher fand, daß alle Metalle als solche, von flüssigem Glase bei anhaltender Hitze unter entsprechender Färbung aufgelöst werden, mit der einzigen Ausnahme der Platins. Ähnliche, meist zufällige Erfahrungen, hat man in den Glashütten gemacht. Knor hat nachgewiesen, daß Blei und Kupfer wenig, Zinn, Antimon und Wismuth leichter, am schnellsten aber Eisen aufgelöst werde. Gold färbt zuerst grün, nachher purpur und zwar um so dunkler, je höher der Kieselerdegehalt des Glases. —

Incrustation. Blättern gewisser Pflanzen stehen bleiben; in der That hat diese einfache Beobachtung seiner Zeit einen denkenden Glasfabrikanten in Böhmen veranlaßt, denselben Effect durch Anwendung geeigneter Mittel im Glase hervorzubringen. Der Erfolg entsprach den Erwartungen und es ist seitdem diese Erfindung unter dem Namen der Incrustationen bekannt geworden. Am allerbesten eignen sich Figuren oder Abdrücke aus reinem gebranntem Psefenthon, schon weniger solche aus Porzellanmasse, welche weniger porös ist. Man hat nur darauf zu sehen, daß während des Trocknens und Brennens die eigenthümliche poröse Rauheit der Oberfläche, worauf Alles ankommt, nicht verletzt wird. Wenn man nun einen solchen Abdruck in eine weiche Glasmasse eindrückt, eine andere Lage Glas darüber gießt und das Ganze eine Zeitlang, bis zur gehörigen Vereinigung, der Ofenhitze aussetzt, so wird sich das Glas scheinbar ganz an den Thon anlegen, aber in Wahrheit eine dünne Luftschicht mit einschließen, welche beim Durchsehen durch die geschliffene und polirte Glasfläche dem weißen Abdruck aufs Täuschendste das Ansehen von mattem Silber verleiht. Giebt man dem Glase einen passenden gelben Ton, so entsteht das Ansehen von mattem Gold. Es versteht sich, daß der Arbeiter dem Einschließen von eigentlichen Luftblasen begegnen muß, was bei strengflüssigem Glase nicht ganz leicht ist. Diese schönen Arbeiten können übrigens an jedem Arbeitsstück, wenn es nur hinreichend Glasstärke hat, als Verzierungen angebracht werden.

Bergoldung. Die Vergoldung kann bei Gegenständen, welche nicht oft gebraucht werden und daher keine oder geringe Abnutzung voraussetzen, leicht durch Aufkleben von Blattgold mit Copalirniß erhalten werden. Eine weit dauerhaftere und die ächte Vergoldung, ist die durch Feuer bewirkte. Man schlägt zu dem Ende zuerst eine Lösung von Gold in Königswasser (Goldchlorid) mit Potasche oder Eisenvitriol nieder, wodurch man ein braunes sehr feines Pulver von metallischem Golde erhält, welches ausgewaschen und getrocknet, mit einem passenden Fluß, z. B. entwässertem Borax (S. 263) zusammen gerieben wird. Dieses Gemenge läßt sich leicht mit dem Pinsel auftragen, wenn es vorher mit Terpenthin-, Spicköl, oder Gummiwasser zart abgerieben wird. Sobald nun die trocken gewordenen Arbeitsstücke unter der Muffel erhitzt werden, verflüchtigt sich das ätherische Del (das Gummi verbrennt) und der Borax schmilzt zu einem Glase, welches den Goldstaub an die Oberfläche festkittet. So wie sie aus dem Feuer kommt, sieht die Vergoldung matt, glanzlos und gelbbraun aus und erhält ihren Glanz und Farbe erst durch Ueberfahren mit einem Glätzahn von Achat oder Blutstein.

Verfilberung. Versilberungen nehmen sich auf Glas nicht sonderlich aus und kommen selten vor; sie können indessen mittelst durch Kupfer aus einer Auflösung gefällten Silbers in der nämlichen Weise wie die Feuervergoldung, oder auch nach der bei der Spiegelversilberung beschriebenen Art erhalten werden.

Verkupferung. Nach R. Mallet soll eine schöne Verkupferung auf galvanoplastischem Wege erzeugt werden können, von der Dünne, daß 1 Gran Kupfer auf ungefähr 90 QZ. Oberfläche kommt. Man bestreicht die Oberfläche des Glases mit Terpenthin oder Canadischem Balsam und staubt feines Graphitpulver darauf; hierauf wird ein Ende mit einem Kupferdraht verbunden und das

Ganze in die Kupfervitriolzelle eines galvanoplastischen Apparates getaucht, worauf sich nach wenigen Stunden ein enganliegender, dichter Kupferüberzug bildet, der übrigens wohl zu anderen Zwecken (chemischen z. B.) aber keineswegs zu Verzierungen geeignet ist.

Dies gilt schon eher, aber in geringerem Grade wie bei Gold, von Ueber-Verplatinirte zügen aus Platin, welche man unmittelbar vom Niederschlag dieses Metalls aus einer Lösung hervorbringt. Nach Döbereiner dampft man eine Lösung von Platinchlorid (PtCl_4) in Weingeist ab, löst die trockne Masse von Neuem, dampft wieder ab und sofort, bis der Rückstand nicht mehr von Salmiak gefällt wird und gänzlich in Acetylplatinchlorür ($\text{Pt}_2\text{C}_4\text{H}_6\text{Cl}_4$) verwandelt ist. Sobald man Glas mit einer Lösung dieser Verbindung überstreicht und (über der Spirituslampe z. B.) erhitzt, schlägt sich das Platin als ein Metallspiegel auf der Oberfläche nieder.

Unter die schönsten Verzierungen der alten venetianischen Glasmacherkunst gehören die sogenannten reticulirten Gläser, welche sich durch ein, in die Masse eingeschlossenes, netzförmiges Gewebe, aus kleinen Luftbläschen auszeichnen, welche in regelmäßige, sich kreuzende Reihen geordnet sind. Die Kunst war lange Zeit verloren gegangen, ist aber neuerdings von Pohl wieder aufgefunden worden. Um solche Verzierungen beliebig anbringen zu können, hat man stets hohle Glaskegel, oder kegelförmige Röhren vorrätig, welche eine solche netzförmige Anordnung bereits enthalten und an passende Stellen der Arbeiten, z. B. im Fuße von Stengelgläsern, eingefügt werden können.

Reticulirte
Gläser.

Demnach ist der Hauptgegenstand eigentlich nur die Anfertigung dieser Röhren, welche damit beginnt, daß man kleine enge Glasstäbchen um eine Form herum zu einem Hohlcyliner zusammenstellt und in dieser Stellung nachher mit Glasmasse befestigt. Die Hohlcyliner werden nun angewärmt, bis die einzelnen Stäbchen aneinander haften, und an der Pfeife zugleich zu einem Kege verlängert und zugleich schraubenförmig gewunden; die Hälfte durch Drehung nach rechts, die andere Hälfte nach links. Dadurch, daß man nun je zwei Hohlkegel von entgegengesetzter Windung in einander schiebt und bis zur gänzlichen Vereinigung anwärmt, wird jedesmal da, wo die Stängelchen sich kreuzen, ein Luftbläschen eingeschlossen, was natürlich sehr regelmäßig durch die ganze Masse geschieht und das netzförmige Gewebe hervorbringt.

Neben den Spiegeln und reticulirten Gläsern verdankt man den venetianischen Hütten auf Murano auch die Kunst, Glasperlen zu machen, welche daselbst noch bis auf den heutigen Tag in ungeheurem Umfange getrieben wird. Die kleinen Glasperlen zum Sticken sind nämlich ihrer Entstehung nach abgeschnittene Röhrenstückchen, so lang wie dick, welche an den Ranten durch Erweichen in der Hitze abgerundet sind. Die Arbeit beginnt damit, daß die Glasbläser ganz auf die beschriebene Art aus Glas, welches ungefärbt oder in allen Schattirungen von Farben (in Venedig bis zu 200) geschmolzen wird, Röhren von 100 bis 200 F. Länge und der geeigneten Dünne ausziehen und in Abschnitte von etwa 2 Fuß Länge brechen. Diese Röhren werden mittelst eines Schneidmessers in kleine Stücke von der Länge ihres Durchmessers (ähnlich wie Häckerlinge) geschnitten und stellen Perlen, aber von so scharfen Ranten vor,

Glasperle.

Glasperlen. daß sie jeden Faden durchschneiden würden. Diese Ranten runden sich aber von selbst beim nachfolgenden Glühen ab; weil dieses jedoch in Masse geschehen muß, die Perlen aber nicht zusammenkleben dürfen, so mengt man sie zuvor mit Kohlen- und Thon-Staub, ehe sie in den eisernen Glühcylinder gebracht werden, der sich über dem Feuer um seine Ase dreht. Die fertigen Perlen werden durch Siebe gereinigt, nach der Größe sortirt und von Weibern auf Fäden aufgereiht. Diesen gewöhnlichen Stuckperlen (einfachen Raffaden) gegenüber unterscheidet man noch eine andere Art, die *Perles à la lume*, welche fester und theurer sind. Sie werden so angefertigt, daß man von einem in der Glasbläserlampe erweichten Stäbchen einen Ring um einen Eisendraht wickelt.

Ganz verschieden davon in Zweck, Anfertigung und Ursprung sind diejenigen Glasperlen, welche als Nachahmung der natürlichen Perlen zu Schmuck gemacht werden, eine Erfindung, welche um's Jahr 1656 aufkam. Es sind dies bekanntlich Glasugeln von der Größe der ächten Perlen verschiedener Abstufung, welchen durch einen eigenen perlfarbigen und perlglänzenden Firniß das Ansehen jener kostbaren Schmuckwaaren gegeben wird. Ein Paternostermacher Namens Jaquin beobachtete zuerst, daß die Schuppen der Weißfische (*Cyprinus alburnus*) den perlmutterfarbigen Ueberzug an das Wasser abgeben; darauf hin fing man an, Glasugeln erst von außen, später nur von innen mit dieser wässerigen Essenz zu überziehen; aber ein namhafter Uebelstand blieb das leichte Faulen dieser kostbaren Essenz, von welcher die Schuppen von 4000 Weißfischen erst $\frac{1}{4}$ Pfd. liefern sollen. Nachdem man anfangs Weingeist versucht hatte, der jener Materie den Glanz benimmt, fand man zuletzt den Salmiakgeist allein geeignet; auch setzt man etwas wenigens Hausenblasenleim zu, um sie besser haften zu machen. Die Perlen werden einzeln von der Lampe geblasen, dann ein Tropfen Essenz mit einer dünnen Röhre eingeblasen, durch Rollen ausgebreitet und der getrocknete Firniß mit einer Lage Wachs auf demselben Wege überdeckt.

Wenn man in gleicher Weise die Innenseite der Perlen statt mit Essenz, mit farbigem Wachs überzieht, so entstehen die bekannten Glaskorallen, welche neben der größeren Sorte massiver Perlen, beim Verkehr mit uncultivirten Völkern eine wichtige Rolle spielen.

Glasgespinnte. Die ungeheure Dehnbarkeit des erweichten oder geschmolzenen Glases macht es möglich, einen Tropfen davon zu einem Faden von unbegreiflicher Länge und mithin fast unmeßbarer Feinheit auszuspinnen. Man braucht nur das zu einem Faden ausgezogene Ende eines Glasstabes auf einem Haspel zu befestigen und denselben umlaufen zu lassen, während man das Ende des Stabes, wovon der Faden ausgeht, in der Flamme der Glasbläserlampe geschmolzen erhält — um in wenigen Minuten viele Ellen gesponnenes Glas zu haben. Natürlich hat der Faden die Farbe des Glases, aber wegen der feinen Zertheilung in viel hellerem Ton, so daß nur sehr tiefe Schattirungen in dem Gespinnste hervortreten. In Masse betrachtet, zeigt dieses bei einer ungleich größeren Dauer, einen Glanz von ausgezeichneter Schönheit, welcher den der Seide bei weitem übertrifft. Natürlich mußten solche Eigenschaften neben der Wohlfeilheit, von Seiten der Gewerthätigen den Wunsch anregen, den Glasfaden der Reihe der

webbaren Gespinnststoffe einzuverleiben. Indessen sind die unternommenen Versuche nicht eben geglückt; denn wenn auch der Glasfaden sich zu manchen Schmucksachen (Gürteln, Federbüschen u. s. w.), also unbedeutenden Sachen, brauchbar erwies, so ergaben sich doch bei seiner Verarbeitung auf dem Webstuhl zu Kleiderstoffen sehr bedeutende Schwierigkeiten. Die Aufgabe besteht nämlich darin, die Fäden überhaupt ganz gleichförmig und so dünn auszuspinnen, daß dieselben selbst bei scharfer Biegung nicht mehr brechen. So wie das gesponnene Glas meist vorkommt, brechen die Fäden an zahlreichen Punkten und bilden scharfe, vorstehende Spizen, welche die Haut auf eine empfindliche Weise reizen. — Nichts destoweniger ist dieser Gewerbszweig neuerdings wieder von Olivi, Dubus-Bonnel und Bouillon aufgenommen und mit Erfolg betrieben worden. Besonders ist es Dubus gelungen, seine Glasfäden (angeblich durch Behandlung mit Dampf) knüpfbar und so herzustellen, daß damit Zeuge entweder ganz, oder deren Einschlag, auf dem Jacquard-Stuhl gewebt werden können, welche zum Theil den schönsten Gold- und Silberbrokaten gleichkommen. Näheres ist zur Zeit noch nicht öffentlich bekannt geworden.

Es ist bereits unter den allgemeinen Eigenschaften des Glases bemerkt ^{Aëgen in Glas.} worden, daß dasselbe nur von der Flußspathsäure (Fl_2H_2) vollständig und rasch zersetzt wird. Ein Theil der Kieselsäure entweicht in diesem Fall mit dem Fluor als Fluorkieselgas (SiFl_6), während der Rest mit den übrigen Bestandtheilen des Glases, als ein lockeres Pulver auf der tief eingefressenen Stelle zurückbleibt und leicht weggenommen werden kann. Man hat schon lange von dieser Erscheinung zum Behuf des Aëgens auf Glas Gebrauch gemacht, indem man nur diejenigen Stellen, welche unverändert bleiben sollen, mit einem Aëgrund zu schützen, dagegen alle Theile der Glasfläche, welche als Figuren, Buchstaben u. s. w. hervortreten sollen, für die Einwirkung der Säure zu entblößen braucht. Als Aëgrund kann entweder Wachs, oder vortheilhafter ein Gemenge von Asphalt, Mastix und etwas Terpenthinöl benutzt werden, womit man das erwärmte Glas gleichförmig überzieht, um alsdann mit einer Nadel die Zeichnung auszuführen. Durch die Striche der Nadel wird der Grund zur Seite geschoben und die entblößten Glastheile der Säure zugänglich gemacht. Wenn man nun in einer bleiernen Schale Flußspath (CaFl_2) mit concentrirter Schwefelsäure übergießt und gelinde erwärmt, so entwickelt sich Flußpathsäuredampf, indem CaFl_2 und SO_3 , H_2O , Wasserstoff und Calcium gegeneinander austauschen, so daß SO_3 , CaO und Fl_2H_2 entstehen. Schon nach einigen Minuten findet man die entblößten Stellen des Glases, wenn dieses mit der radirten Seite über die Schale gelegt wird, so tief eingestossen, wie die Linien auf einer gestochenen Kupferplatte und zwar um so tiefer, je länger die Einwirkung gedauert hat. Dadurch hat man es in seiner Gewalt, jede Abstufung von Tönen hervorzubringen, wenn man die helleren Partien inzwischen mit Aëgrund bedeckt und die dunkleren ein zweites Mal dem Dampfe aussetzt. Statt dieses letzteren läßt sich eben so gut Glas äzen, wenn es mit einem Wachserand umgeben und mit einer verdünnten Lösung von Flußpathsäure übergossen wird. Nach geschehener Einwirkung muß dies geätzte Glas

Reinigen in Glas. vom Aetzgrund durch Erwärmen und Abwischen befreit und mit Terpenthinöl vollends gereinigt werden. — Von diesem Verfahren macht man einen sehr passenden Gebrauch, um Scalen auf Thermometer, Aufschriften auf Glasflaschen u. s. w. zu ätzen.

Es ist im Ganzen naheliegend, die Aetzbarkeit des Glases typographischen Zwecken dienstbar zu machen, so etwa wie Kupferstich oder Steindruck; denn wenn in die geätzten Vertiefungen Schwärze eingerieben wird, so muß diese auf dem Papier aus der Presse als Zeichnung hervorgehen. Hierzu kommt noch, daß das Glas bei seiner Härte im Vergleich mit Kupfer z. B. so gut wie gar nicht abgenutzt wird, auch ein Zulegen der Striche unter der Walze gänzlich unmöglich macht; folglich eine beinahe unendliche Anzahl Abdrücke von einer Platte erlaubt, welche den Künstler überdies kaum so viel Tage beschäftigt, als eine Kupferplatte Monate. Doch sind dieser Anwendung wesentliche Schwierigkeiten im Wege: einmal die Sprödigkeit der Glasplatten, welche ein Zerschneiden unter der Walze befürchten läßt; alsdann die Schädlichkeit des Flussspathsäuredampfs, welchem die Arbeiter ausgesetzt sind, und endlich die Unmöglichkeit, die zu stark geätzten Linien auszubessern, was wenigstens bei Metall leicht durch Zusammendrücken der Ränder mit dem Polirstahl geschehen kann. —

Der erste Punkt ist schon vor längerer Zeit auf eine einfache Weise erledigt worden, nämlich durch Aufkitten oder Aufschleifen der Glasplatte auf eine starke Platte von Gußeisen. In diesem Falle kann das Glas nicht zerbrechen, weil die Platte an keiner einzigen Stelle hohl, sondern an allen Stellen fest unterstützt liegt; es kann also nicht gebogen werden, und bleibt demnach der drückenden Kraft nur die Neigung übrig, das Glas in sich zu zerfnirschen, wozu sie bei weitem unzureichend ist. — Neuerdings ist der Glasdruck (Hyalographie) wieder von Bromeis und Böttiger angeregt worden. Sie geben an, das Springen der Platten auf eine der obigen ganz ähnliche Art unmöglich gemacht, alle Schwierigkeiten besiegt zu haben und besonders der Gefährdung der Gesundheit des Arbeiters durch eine neue Form des Aetzmittels, bei welcher weder Wärme nothwendig, noch Dämpfe und Gase entwickelt werden, zuvorgekommen zu sein. Auch soll dies Aetzmittel von so gleichbleibender Stärke sein, daß eine und dieselbe Menge selbst nach einer hundertmaligen Anwendung nur unmerklich an Kraft verliert. Wenn übrigens die Erfinder angeben, daß das Retouchiren einer Zeichnung leicht ausführbar und unbeschadet des Abdrucks sogar ganze Theile erneuert werden könnten, ohne das Uebrige anzutasten, so steht eine solche Behauptung doch mit den Eigenschaften des Glases in grellem Widerspruch. — Die erhaltenen Abdrücke lassen an Schärfe und Sauberkeit nichts zu wünschen übrig, leiden jedoch an einer eigenthümlichen Härte und Starrheit; wenn daher das Glas als Stoff für künstlerische Leistungen auch nicht sehr geeignet scheint, so wird man doch um so größere Vortheile für den Stich von Visitenkarten, Landkarten, Papiergeld u. dgl. m. daraus ziehen können.

In vielen Fällen des praktischen Lebens findet man sich in die Nothwendigkeit versetzt, Löcher in Glas zu bohren, eine Sache, die bei der Härte des Glases ihre Schwierigkeiten hat. Hierzu ist aber die Beobachtung von Nutzen, daß

harte Stahlwerkzeuge, z. B. Grabstichel oder Reibahlen, das Glas ungemein viel leichter angreifen, wenn sie mit Terpenthinöl befeuchtet werden, worin man etwas Kampher löst. Mit Hülfe dieses Mittels und einer Reibahle kann man daher sehr leicht Löcher jedes Durchmessers einbohren.

Vom Wasserglas.

In ganz anderem Sinn wie die gewöhnlichen Gläser, sind diejenigen Verbindungen der Kiesel-erde für die Anwendung von Wichtigkeit, in deren Zusammensetzung lediglich die Alkalien, nicht aber die Erden, Theil nehmen. Wenn man nämlich Kiesel-erde mit einem Ueberschuß von kohlensaurem Kali schmilzt, findet sich der Sauerstoff der ausgetriebenen Kohlensäure gerade dem der aufgenommenen Kiesel-erde gleich, es entsteht mithin eine Verbindung von 3 Aeq. Kali mit 2 Aeq. Kieselsäure, eine Verbindung, welche sich durch ihre Zerfließlichkeit auszeichnet und in Wasser gelöst die sogenannte Kiesel-seuchtigkeit (liquor silicum) vorstellt. Sie kann auch durch Auflösung von gefällter Kiesel-erde in Kalilauge erhalten werden *).

Dieselbe Eigenschaft der Auflöslichkeit zeigt die von Fuchs entdeckte we- Darstellung.
niger basische Verbindung aus 3 Aeq. Kali und 8 Aeq. Kieselsäure, das Was-
serglas, und ist dadurch für die Gewerbe um so wichtiger geworden, als sie
nur in heißem Wasser, dagegen in kaltem sehr wenig auflösbar, folglich auch
nicht zerfließlich ist. Das Wasserglas kann in reinerem Zustande durch voll-
ständige Sättigung von Aetzkalilauge mit frisch gefällter Kiesel-erde und Abdamp-
fen; oder viel wohlfeiler und zu gewerblichen Zwecken hinreichend rein, auf fol-
gende Art gewonnen werden: Man schmilzt 15 Thle. gepulverten Quarz oder
reinen Sand, 10 Thle. Potasche und 1 Thl. Kohle in einem Tiegel bis zur
vollständigen Verglasung. Die Kohle dient hierbei lediglich, um die Vergla-
sung des Kali's durch die Zerlegung der Kohlensäure in Kohlenoxyd ($\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$) und der Schwefelsäure (s. oben) zu unterstützen. Die Glasmasse
ist etwas strengflüssig, hart, blasig, von grauschwarzem Ansehen; wenn die
Potasche unrein war, so hängen demselben fremde Salze, nämlich Chlorkalium,
kohlensaures, schwefelsaures Kali und vorzüglich Schwefelkalium an, welches
letztere besonders durch seinen üblen Geruch Uebelstände verursacht. Von die-
sen Verunreinigungen läßt sich die Masse aber leicht dadurch befreien, daß man
sie pulvert und der Luft aussetzt. Ganze Stücke ziehen unter diesen Umständen
nur oberflächlich etwas Feuchtigkeit an und bekommen Risse, ohne sich aber
im Uebrigen wesentlich zu verändern; das Pulver nimmt dagegen so viel davon
auf, besonders wenn es öfter umgeschaufelt wird, daß die fremden Salze voll-
kommen auswittern. In diesem Zustande übergießt man das Ganze mit kal-
tem Wasser, worin sich jene Salze, nicht aber das Wasserglas auflöst, und
wäscht mehrmals nach. Die gereinigte Masse wird nun in 5 Thln. Wasser

*) Daß durch Behandlung von Glaspulver mit Aetzlauge ein lösliches Silicat erhalten wird, welches mit Säuren Kiesel-erde fallen läßt, ist nach Kunkel schon von van Helmont beobachtet worden.

gekocht, worin sie sich langsam, aber vollständig auflöst. Die verdünnte Lösung wird ziemlich rasch von der Kohlenensäure der Luft unter Ausscheidung von Kiesel-erde zerlegt: deshalb gehört es ganz wesentlich zur Darstellung des Wasserglases für den technischen Gebrauch, die Auflösung bis zu einem specif. Gew. $\equiv 1,25$ abzdampfen. In diesem verkäuflichen Zustande bildet es eine klebrige, syrupdicke, etwas trübe Flüssigkeit, welche sich beim Kochen mit einer zähen, wieder auflösbaren Haut überzieht, beim Erkalten leicht zu Gallerte geseht, aber an der Luft, ohne merklich Kohlenensäure anzuziehen, zu einer klaren, durchsichtigen, farblosen, spröden, aber nicht sehr harten Art Glas austrocknet, welche 26 Proc. Kali, 62 Proc. Kiesel-erde und 12 Proc. Wasser enthält. Dieses Glas reagirt und schmeckt wie die Auflösung alkalisch, ist an und für sich an der Luft nicht veränderlich, überzieht sich aber, wenn es unrein ist, mit einer Ausblü- hung von fremden Salzen, welche — wegen der geringen Löslichkeit des Wasserglases in kaltem Wasser — leicht abgewaschen werden kann. — Die Auflösung des Wasserglases läßt sich in jedem Verhältniß mit Wasser mischen, von Weingeist, worin es unlöslich ist, wird es jedoch, und zwar unverändert, niedergeschlagen *). —

Ebenso leicht, aber mit mehr Vortheil wegen der größeren Reinheit des Materials, läßt sich Wasserglas durch Zusammenschmelzen von 1 Thl. Quarz mit 2 Thln. krystallisirter Soda erzeugen. Obgleich in der Zusammensetzung abweichend — es kommen darin auf 2 Aeq. Natron 3 Aeq. Kiesel-säure — so sind doch Eigenschaften und Behandlung dieselben, wie beim Kaliswasserglas. — Wenn man Soda und Potasche zugleich anwendet, (15 Quarz, 5 Potasche, 4 Soda [trockne]), so gewährt dieses die Bequemlichkeit einer leichteren Schmelzbarkeit, indem Kali- oder Natronsilicat immer strengflüssiger ist, als das gemischte Silicat. —

Die vornehmste Anwendung des Wasserglases ist die zum Anstreichen von brennbaren Stoffen wie Holz, Zeug, Papier, um ihnen die leichte Entzündlichkeit zu benehmen, und beruht darin, daß der trocken gewordene Ueberzug eine Glashülle bildet, welche die erste Bedingung einer eigentlichen Verbrennung, den Luftzutritt abhält. Wenn mit Wasserglas überzogenes Holz in eine Flamme gehalten wird, so befindet es sich im Grunde unter denselben Umständen, wie Holz in den Verkohlungsgefäßen. Es kann vorerst keine andere Veränderung erfahren, als die Zersetzung durch bloße Hitze: die trockene Destillation. Dabei entwickeln sich brennbare Dämpfe, oder Gase, deren Entzündung der Anstrich natürlich nicht weiter verhindern kann. Wenn man bedenkt, daß jene Hülle sehr dünn ist und sich in der Hitze unter Erweichung aufbläht, so begreift sich leicht, daß eben diese Dämpfe bei fortgesetzter Einwirkung ein Reißen des Ueberzugs und später des Holzes selbst veranlassen müssen, wodurch das Innere zuletzt der Luft bloßgestellt und die Wirkung des Wasserglases aufgehoben wird. Man darf sich deshalb nicht vorstellen, als ob das Wasserglas derartige Stoffe unverbrennlich mache; sein Nutzen beschränkt sich lediglich auf eine Verringerung der Entzündlichkeit, also darauf, daß die geschützten Stoffe

*) Nach Fuchs; Forchhammer dagegen fand das gefällte Salz $= 3\text{KO}, 16\text{SiO}_2$.

weniger leicht und vielleicht später Feuer fangen. Das Wasserglas hat den Vortheil, auf die Stoffe, welche damit überzogen werden, keine nachtheilige Wirkung auszuüben und dabei einen fest anhaftenden, durchsichtigen Ueberzug zu bilden. In diesem letzteren Punkte ist es den Anstrichen ähnlicher Wirkung im Feuer, z. B. Lehmwasser, natürlich überlegen. Um einen haltbaren Anstrich zu geben, darf das Wasserglas keine, oder nur wenig fremde Salze auswittern und muß anfangs mehr verdünnt aufgetragen werden, damit die Oberfläche gehörig durchtränkt wird, um die folgenden Anstriche aufzunehmen. Jede Lage muß vollkommen trocken (24 Stunden alt) sein, ehe man einen neuen giebt, sonst zieht der ganze Anstrich Risse und blättert sich ab. Mit dieser Neigung rissig zu werden und sich abzublättern, hat man bei Natronwasserglas ungleich weniger zu kämpfen.

Bessere Dienste leistet das Wasserglas, wenn es nicht für sich, sondern mit einem gepulverten Stoff als Körper versehen wird, wo es alsdann mehr die Rolle eines Bindemittels spielt. Pulver von gemeinem Glas, von rohem Wasserglas selbst, von Kreide, Schlacken, von Knochenerde, Thon u. leisten dabei gute Dienste. Im Münchener Theater, wo 465300 Q. F. Holzfläche angestrichen wurden, fand man für gut, $\frac{1}{10}$ eischlüssigen Thon zuzusetzen. Man darf dabei nicht übersehen, daß zwischen den meisten dieser Stoffe und dem Wasserglase eine chemische Zersetzung statthat. Die Salze der Alkalien (besonders die kohlensauren, salzsauren, am meisten der Salmiak) bringen in Wasserglaslösungen einen gallertigen, kleisterartigen Niederschlag hervor; der Salmiak unter Entwicklung von Ammoniak. Die Salze der Erden erzeugen aus Kali, den Erden und Kieselerde bestehende Niederschläge; ebenso die Thonerde; ähnliche unauflösliche Verbindungen entstehen durch Zusatz von alkalischen Erden (Kalkhydrat z. B.). Stets wird dabei aus dem Wasserglas ein Theil Kali abgeschieden, der an der Bildung des Niederschlages keinen Antheil nimmt und entweder frei bleibt, wie im letzten Fall, oder an die Säure des zugesetzten Salzes tritt, wenn man solche zugefügt hat. — Dasselbe gilt für die Salze der schwereren Metalle, des Eisens, Kupfers z. B. Nicht minder eingreifend ist die Wirkung des Wasserglases auf verschiedene in Wasser gar nicht oder sehr schwer lösliche Salze, z. B. schwefel-, kohl-, phosphorsaures Bleioryd, phosphorsaure Thonerde, Gyps u., welche sämmtlich beim Zusammenreiben mit Glaslösung eine klebrige, an der Luft steinhart werdende Masse bilden, indem sie durch gegenseitige Verwandtschaft zersetzt werden. —

Als einen sehr vorzüglichen Zusatz zu gelöstem Wasserglas hat sich Wasserglaspulver erwiesen, dagegen bewirkt Bleioryd eine Masse, die sich stark zusammenzieht und leicht abspringt. Nur auf Leinwand oder Geweben überhaupt, welche vermöge ihrer Structur dieser Zusammenziehung nachgeben können, ist Wasserglas mit $\frac{1}{14}$ Bleioryd mit Vortheil anwendbar. In Betreff der Gewebe hat man die Erfahrung gemacht, daß ein bloßes Eintauchen nicht zureicht, sondern daß dieselben durchaus unter Druck (z. B. zwischen Walzen) behandelt werden müssen, um der Lösung gehörig Eingang in die Faser zu verschaffen. Sie können nach dem Trocknen sehr gut gerollt, aber nicht gefaltet werden.

Sehr gut kann das Wasserglas zu Farben-Anstrichen in Zimmern benutzt werden, wenn man vorher einen Vorpus aus Sand, Thon und Lehm mit Was-

ferglas aufträgt. Solche Anstriche zeichnen sich durch dauerhafte Farbenfrische aus und können von Zeit zu Zeit mit reinem Wasser gewaschen werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß manche Farben wie Berlinerblau, Pflanzenfarblacke u. d. durch die alkalische Reaction des Wasserglases vernichtet oder verändert werden, wenn sie damit in unmittelbare Berührung kommen.

Eine fernere Anwendung des Wasserglases ist die zum Kitten von Glas, Porzellan u. d., worin es die meisten Mittel der Art übertrifft.

Endlich hat Kuhlmann neuerdings darauf aufmerksam gemacht, daß Stücke Kreide oder Gyps, oder daraus geformte Gegenstände, durch Tränken mit Wasserglas und zwar unter Mitwirkung der atmosphärischen Kohlensäure, leicht verkieselt werden können. Diese Verkieselung dringt ziemlich tief ein und ertheilt den so behandelten Arbeiten, wenn selbst nur 3 bis 4 pCt. Kieselersäure aufgenommen worden, eine Härte, welche die des Marmors übertrifft und eine hohe Politurfähigkeit bedingt. —

Die Alaun- und Bitriolsiederei.

Vom Alaun.

Begriff,
wissenschaftl.
licher.

In der Sprache der Wissenschaft pflegt man unter der Bezeichnung Alaun eine Classe von Doppelsalzen zusammenzufassen, welche zwar aus sehr verschiedenen Elementen bestehen können, aber stets in der Anordnung derselben — in ihrer Constitution — übereinkommen. Diese läßt sich allgemein durch die Formel, $MO, RO_3 + M_2 O_3, 3 RO_3 + 24 aq.$ ausdrücken, worin R das Radical der Säure und M die metallische Grundlage der Salzbasen bezeichnet. Man kennt nun Alaune, worin die Säure Chromsäure (CrO_3), man kennt welche, worin sie Schwefelsäure (SO_3) ist, einige enthalten für MO Kali (KO), einige Natron (NaO), andere Ammoniumoxyd ($N_2 H_8, O$); die Base $M_2 O_3$ endlich kann bald durch Eisenoxyd ($Fe_2 O_3$), bald durch Thonerde ($Al_2 O_3$), bald durch Chromoxyd ($Cr_2 O_3$) u. d. vorgestellt sein. Ja, vermöge der Fähigkeit dieser einzelnen Basen und Säuren, einander im beliebigen Verhältniß in einer Verbindung zu vertreten, können deren einige oder mehrere zugleich, an der Bildung eines und desselben Alaunkrystalls Antheil nehmen; immer jedoch werden darin 24 Aeq. Krystallwasser gebunden sein.

Praktische
Bedeutung.

In den Gewerben ist nur von zweien der obigen Verbindungen die Rede, welche darin besondere Anwendung finden und wesentlich aus schwefelsaurer Thonerde, mit schwefelsaurem Kali oder Ammoniak, oder beiden zugleich bestehen (also $\left. \begin{matrix} KO \\ N_2 H_3 O \end{matrix} \right\}, SO_3 + Al_2 O_3, 3 SO_3 + 24 aq.$) — und man meint im praktischen Leben unter »Alaun« meist den Kali-Alaun schlechtthin, während der andere öfter als »Ammoniak-Alaun« unterschieden wird; beide sind indessen für die industriellen Zwecke von völlig gleichem Werthe. Dieser letztere gründet sich nun ausschließlich auf den Gehalt an Thonerde; nur diese ist es, die man eigentlich benutzt, und insofern erscheint allerdings das damit verbundene schwefelsaure Kali oder Ammoniak, sowie das Krystallwasser, im Grunde über-

flüssig. Indessen beruht die Möglichkeit, den Gewerben ein wohlfeiles und reines Thonerdesalz im Großen zu liefern, allein auf den Eigenschaften des Alauns, und die nächste Gewähr seiner Reinheit auf seiner Fähigkeit, in großen Krystallen anzufchießen, so daß der Gewerbtreibende dieser wichtigen Gründe halber, das Krystallwasser und das schwefelsaure Alkali wohl mit in Kauf nehmen muß. — In der That ist die schwefelsaure Thonerde schon in 2 Th. kaltem Wasser löslich und deshalb von den übrigen Salzen mit denen sie erhalten wird, besonders dem nachtheiligen Eisenvitriol, kaum zu trennen, während der Kalialaun im Gegentheil, wegen seiner Leichtlöslichkeit in der Wärme und seiner Schwerlöslichkeit in der Kälte, leicht davon geschieden werden kann; es bedarf nämlich 1 Th. krystallisirter Alaun bei 120,5 C. 13,3 Th. Wasser, bei 870,5 C. aber nur 0,06 Th. Wasser zur Lösung. —

In ähnlichen Auswitterungen, wie der Salpeter oder das kohlensaure Natron, findet sich fertiggebildeter Alaun besonders in vulcanischen Gegenden als ein weißer Anflug, durch die Einwirkung von schwefelsauren Dämpfen auf thonerde- und kalihaltige Laven oder Trachyte, also auf ähnliche Art wie der künstliche (s. u.) erzeugt. So in der Auvergne im südl. Frankreich, auf Sicilien und den vulcanischen Inseln an dessen Nordküste, besonders aber in der Umgegend von Neapel, an der Grotta di Alume (am Capo Miseno) und auf der Solfatara. Man sammelt daselbst das ausgewitterte Salz, löst es in Wasser auf und läßt die Auflösung sich durch Absetzen klären. Aus der klaren Lauge erhält man durch Abdampfen einen unreinen Alaun, welcher umkrystallisirt als ein sehr reines Product in den Handel kommt. Zum Abdampfen dient kein Brennstoff, sondern die vulcanische Wärme des Bodens (400 C.), in welchen man die Bleipfannen eingräbt. — Der natürliche Alaun ist nur ein sehr kleiner Theil des in Europa consumirten *).

Schon weit mehr gewinnt man aus dem Alaunfels, einer Gebirgsart ähnlichen (vulcanischen) Ursprungs. Es ist dieses ein derbes, körniges, nur zum Theil krystallinisches, durchscheinendes, nicht homogenes Gestein, welches viel Quarz, auch zuweilen Eisenkies und Manganerz einschließt. Seine Farbe ist gelblich in's Grüne, Graue, Röthliche oder Braune ziehend. Zuweilen findet sich das reine Mineral, der Alaunstein (Alunit) in Krystallen darin ausgeschieden, welchen man als eine basisch schwefelsaure Thonerde, mit schwefelsaurem Kali (also einen basischen Alaun), oder mit mehr Wahrscheinlichkeit, als eine Verbindung von neutralschwefelsaurem Thonerde-Kali mit Thonerdehydrat ($\text{KO}, \text{SO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3, 3 \text{SO}_3 + 3 \text{Al}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$, Rammelsberg) erkannt hat; er unterscheidet sich also von dem eigentlichen Alaun durch einen Mehrbetrag von Thonerde. Von derselben Natur, also ein unreiner, derber Alunit ist der Alaunfels, welcher zu Tolfa bei Civita-Vecchia im Kirchenstaat, Montione im Herzogthum Piombino, im Beregher und Zempliner Comitat in Ungarn, am Mont d'Or in Frankreich und auf den griechischen Inseln Milo und Nipoglio, aber im Ganzen nicht häufig gefunden wird.

*) In seiner Reise nach Neu-Seeland Th. I. S. 377. erwähnt Dr. E. Dieffenbach eines merkwürdigen See's mit alaunhaltigem Wasser.

Die Analysen dieses Gesteins ergaben Folgendes:

Darstellung
des
Alauns
aus Alaun-
stein.

	von Tolfa nach Klap- roth	von Beregszaz nach Klap- roth	von Montiene nach Desco- til	von Mont d'Or nach Gordier
Kieselerde	56,5	62,3	—	28,4
Thonerde	19,0	17,5	40,0	31,8
Schwefelsäure	16,5	12,5	35,6	27,0
Kali	4,0	1,0	13,8	5,8
Wasser	3,0	5,0	10,0	3,7
Eisenoxyd	—	—	—	1,4

man sieht daraus, daß es dem Alaunstein, abgesehen von der beigemengten Kieselerde, am meisten an Kali, zum Theil auch an Schwefelsäure gebricht, um Alaun zu werden, oder daß mit anderen Worten in dem von Tolfa z. B. ungefähr 3 pCt. Schwefelsäure und 14 pCt. Thonerde zu viel sind, um mit den 4 pCt. Kali, Alaun zu bilden. Der Alaunstein von Beregszaz hat in gleicher Weise einen Ueberschuß von 9 pCt. Säure und 16 pCt. Thonerde, der von Mont d'Or von 6 pCt. Säure und 25 pCt. Thonerde. Zu Tolfa, wo man den Alaunstein durch Tagebau gewinnt und ausbeutet, geht der Betrieb nur darauf hinaus, so viel Alaun zu erzeugen, als bei dem vorhandenen Kaligehalt möglich und alles Uebrige, besonders die überschüssige Thonerde abzuscheiden. Dies geschieht zunächst dadurch, daß man die Steine in Haufen oder Defen, ganz wie den Gyps (wovon unten Näheres) brennt, wobei mit Sorgfalt darauf gesehen werden muß, daß die Temperatur nicht zu hoch steigt. Denn in der hohen Glühhitze zerfällt sich die schwefelsaure Thonerde und giebt theils wasserfreie Schwefelsäure, theils Sauerstoff und schweflige Säure ab. Sobald diese Dämpfe auftreten, wird der Brand unterbrochen und die Masse nachher in ausgemauerten Behältern, unter wiederholtem Begießen mit Wasser, welches am Boden sich ansammelt, der Verwitterung so lange preisgegeben, bis sie nach 3 bis 4 Monaten in einen zarten, nach Alaun schmeckenden Schlamm verwandelt sind, den man nun auslaugen kann. Wenn die Alaunsteine noch Thonerdehydrat enthielten, so würde dieses nun unfehlbar auf den Alaun einwirken und damit eine andere, ähnliche, aber unlösliche Verbindung bilden, welche basisch schwefelsaure Thonerde enthält; durch das Brennen ist nun das Thonerdehydrat seines Wassers beraubt und somit chemisch untätig und überhaupt die überschüssige Thonerde aus der Verbindung beseitigt worden, welche nunmehr an das Wasser löslichen Alaun abgiebt. Nach dem Eindampfen (bis zu 1,114 spec. Gew. bei 45°) enthält die Lauge noch einen feinen, eisenhaltigen, rosenrothen Schlamm schwebend, welcher die Krystalle merklich färbt, aber nach dem Auflösen zurückbleibt. Diese enthalten nur Kali, kein Ammoniak, und sind unter dem Namen römischer Alaun in dem Handel besonders geschätzt. —

Ursprünglich wurde aller Alaun für den europäischen Verbrauch aus Alaunstein und zwar in Rocca (d. heutige Edeffa) in Syrien erzeugt (daher Rocca-Alaun woraus Alumen rupeum und Alun de Roche, durch Mißverständnis) und über die Levante in den Handel gebracht. Im J. 1460 oder 1465 wurde diese Kunst von Johann de Castro nach Tolfa, wo er den Alaunstein zuerst auf fand, verpflanzt und breitete sich aus, bis man im 17. Jahrhundert auch in Deutschland und in England, freilich auf ganz verschiedene Grundlagen hin, Alaun zu machen anfang. —

In der That ist man in diesen Gegenden ungleich weniger von der Natur Aus Alaunerg begünstigt und die Bergbauerzeugnisse, welche man in diesen Gegenden verarbeitet, enthalten von dem künftigen Fabrikat nicht viel mehr, als die Thonerde und den Schwefel. Es fällt darum jener chemische Vorgang, welchen dort die Natur selbst übernommen und durch vulcanische Kräfte ausgeführt hat, in diesem Fall dem fabrikmäßigen Betriebe zur Last, dem außerdem noch obliegt, das fehlende Alkali aus anderen Quellen herbeizuschaffen. Die Erzeugung von Alaun aus Alaunschiefer und Alaunerde (den Alaunerzen) zerfällt demnach in 3 getrennte Arbeiten und Zeitabschnitte: Erzeugung von schwefelsaurer Thonerde; Hinzufügung von (schwefelsaurem) Alkali zu der concentrirten kalten Auflösung derselben, wodurch schwer löslicher Alaun als Alaunmehl niederfällt und somit von den übrigen Salzen getrennt wird; endlich Reinigung des Mehls durch Umkrystallisiren. —

Unter Alaunschiefer versteht man eine schwefelkiesreiche, mit bituminösen Theilen durchdrungene Art des Thonschiefers — also ein Glied des Uebergangsgebirges und zwar des jüngern — welches durch seine Festigkeit, Ansehen, sein schiefriges Gefüge und die oft bedeutende Ausdehnung seiner Massen, dem eigentlichen Thonschiefer nahe kommt. Es findet sich auf der skandinavischen Halbinsel, in Böhmen, am Harz, in Oberbayern, im Voigtland, in den niderrheinischen Gebirgen, in England (bei Witley), am Ural ic. — Die Alaunerde gehört zu den späteren Gebilden, nämlich unter die ersten Ablagerungen meist der tertiären Kohlen-Formation, welche nach der Kreide stattgefunden. Sie ist eine zwar berbe, aber weiche, zerreibliche, nur geschichtete, nicht kleinschiefrige, dunkelbraune Masse, welche je nach der Lage der benachbarten Gebirge, mehr oder weniger umfangreiche Becken ausfüllt. Sehr große Ablagerungen der Art finden sich u. a. im Oerthäl (worin die Werke von Freienwalde, Gleiß und Muskau). Ueberhaupt ist es im Bereich der Kohlenablagerungen eine gewöhnliche Erscheinung, daß sich Kohle und Thonschichten, da wo sie aneinandergrenzen, gegenseitig durchdringen. Diese Bildungen, welche an manchen Orten die Kohlenflöze überlagern, an anderen Orten von abwechselnden Flözen eingeschlossen werden, verhalten sich — wenn sie zugleich, wie häufig der Fall, hinreichend Schwefelkies führen — wie Alaunerze und werden als solche ausgebeutet. Hierher gehören z. B. die schottischen Erze. Ja in Oberschlesien findet man es vortheilhaft, den Abgang wirklicher Steinkohlen, das Grubenklein, welches als Brennstoff nicht gut verwerthbar ist, auf Alaun zu bearbeiten; denn die Steinkohlen geben eine thonreiche Asche, so daß sich die schwefelkiesreichen Arten von einem eigentlichen Alaunerz nur durch den großen Ueberschuß an

brennbaren Theilen unterscheiden, wovon man nur in diesem Fall keinen Nutzen ziehen kann.

Das Mineral, von dessen Anwesenheit die Alaunerzeugung so wesentlich abhängt, als von der Thonerde, ist der Schwefelkies oder das Doppeltschwefeleisen (FeS_2). Dieses letztere entspringt aus der Zersetzung des schwefelsauren Eisenoryduls (FeO , SO_3) in Eisenvitriol haltendem Wasser durch die fossilen Kohlen. Der Eisenvitriol giebt nämlich an alle organische Substanzen, wenn er längere Zeit damit in Berührung bleibt, seinen Sauerstoff ab und wird zu Schwefeleisen. Dieses findet sich im Alaunerz zum Theil in den bekannten messinggelben, glänzenden Krystallen oder doch krystallinischen Auscheidungen, zum größten Theil aber sehr fein, als ein glanzloses, schwarzes Pulver, etwa so, wie man Schwefeleisen durch Fällen eines Eisensalzes durch Schwefelammonium erhält, in der Masse vertheilt. Daher ist denn auch, insofern es mit dem Auge nicht erkennbar, in den nachstehenden Analysen seine Gegenwart nicht allein übersehen, sondern sogar geläugnet worden.

Alaunerde		
	von Freienwalde Klaproth	von Püßberg Bergemann
Thonerde	16,00	10,80
Kieselerde	40,00	45,30
Bittererde	0,25	—
Schwefel	2,85	3,94
Kohle	19,65	5,95
Eisenorydul	6,40	5,50
Manganoryd	—	0,60
Schwefels. Eisenorydul	1,80	5,73
» Thonerde	—	1,20
» Kalk	1,50	1,71
» Kali	1,50	1,75
Chlorkalium	0,50	0,35
Schwefelsäure	—	0,47
Wasser	10,75	16,50
	101,20	99,70

Der Schwefel ist also nicht als solcher, oder (wie man früher angenommen) mit der Kohle, sondern mit dem Eisen zu Schwefeleisen verbunden, vorhanden. Wenn auch die Bestandtheile der Alaunerde anderwärts ziemlich dieselben sind, so wechseln doch die Mengen derselben, wie es denn nach ihrer Entstehung nicht anders sein kann, so beträchtlich, daß diese Beispiele nicht als allgemein gültig angesehen werden dürfen. — Jener feinen Vertheilung, zuweilen wohl auch der Anwesenheit von Einfach Schwefeleisen*), verdanken die Schwefelkiese und

*) Daß dies nur ausnahmsweise der Fall, läßt sich daraus schließen, daß die meisten Alaunerze mit verdünnten Mineralsäuren Schwefelwasserstoff entwickeln.

somit die Erze ihre Fähigkeit zu verwittern, d. i. sich rasch unter dem Einfluß der Luft und Feuchtigkeit zu zerlegen. Derbe krystallinische Kiese unterliegen nur sehr langsam oder gar nicht. Die Zerlegung beruht darin, daß der Schwefelkies (FeS_2) 7 Aeq. Sauerstoff aufnimmt und zu FeO , SO_2 und SO_3 , also zu Vitriol und Schwefelsäure wird. Da wo die Temperatur im Haufen sehr hoch steigt, werden die Kiese in derselben Weise, wie bei der Röstung, in Schwefel und Einfach oder Achtfiebel Schwefeleisen zerlegt, welche sogleich verbrennen; das letztere zu Eisenvitriol, der erstere zu schwefliger Säure, welche von der Thonerde aufgenommen wird. Die so entstandene schwefligsaure Thonerde verwandelt sich aber sehr leicht durch Aufnahme von Sauerstoff in schwefelsaure Thonerde. Zur Alaunbildung tragen also die Kiese nur dadurch bei, daß sie die zur Bindung der Thonerde nöthige Schwefelsäure liefern; außer demjenigen Antheil, welchen die abgeschiedene Hälfte Schwefel liefert, wird der Thonerde noch ein anderer Theil mittelbar durch die Veränderlichkeit des Eisenvitriols geliefert, dessen Drydul bekanntlich eine starke Anziehung zum Sauerstoff besitzt; es entsteht nach und nach Eisenoryd, welches als basisches Salz zu Boden fällt. Nach Scheerer soll dieses, sowie es sich in den verwitterten Alaunerzen vorfindet, in 100 Thln. 56,5 Eisen auf 6 Schwefelsäure enthalten, während im Vitriol auf ebenso viel Eisen 63 Schwefelsäure kommen; mithin ist der sehr bedeutende Rest = $63 - 6 = 57$ Schwefelsäure, der Alaunbildung zu gute gekommen. — Die Gegenwart von Kali, welches in den Alaunerzen nie ganz fehlt, giebt in ähnlicher Weise zum Freiwerden von Schwefelsäure durch die Entstehung von basisch schwefelsaurem Eisenoryd-Kali Veranlassung. — Auch wird schwefelsaures Eisenoryd durch das Thonerdehydrat zerlegt, indem sich schwefelsaure Thonerde auflöst, allein der größte Theil bleibt unlöslich mit dem entstehenden basisch schwefelsauren Eisenoryd verbunden. —

Vora entschiedensten Nachtheil ist die Gegenwart des Kalkes, weil dadurch sowohl der schwefelsauren Thonerde, als auch dem Eisenvitriol die Schwefelsäure entzogen, mithin der ganze Zweck der Alaunarbeit vereitelt wird. Es müssen daher vorkommenden Falles Erze, welche davon bemerkliche Mengen enthalten, durchaus verworfen werden. Doch findet man stets etwas Gyps in den Rohlaugen; die Bittererde wirkt zwar nicht weniger nachtheilig auf die Alaunbildung, als der Kalk, aber es entsteht in diesem Falle ein verwerthbares Salz, das Bittersalz.

Frische Alaunerze enthalten keine in Wasser lösliche Thonerde- oder Eisensalze, nur da, wo sie in der Grube, oder später mit der Luft in Berührung kommen, bemerkt man Auswitterungen in Gestalt von feinen Nadeln, Federalaun, welche theils wahrer Alaun, theils nur schwefelsaure Thonerde, theils auch Verbindungen derselben mit Eisenorydul, Bittersalz u. find. —

Viele Alaunerze verwittern so rasch, daß die Erhizung stark genug ist, um Die Röstung auch die kohligen Theile in Brand zu stecken, diese entzündeten sich von selbst; andere dagegen, wie die Schiefer meistens, sind von so derbem Gefüge, daß sie, um der Luft Zutritt in das Innere ihrer Masse zu verschaffen, zuvor durch Röstung müssen aufgelockert werden. Diese geht in freier Luft vor sich, indem

Die Röftung. man die Erze mit dem Brennstoff (Reißig, Kohlen, auch mit Torf) schichtet und anzündet; entweder lagenweise, im Maaße als der Haufen aufgefahren wird, oder im Ganzen. Dabei wird die Leitung des Feuers gerade so gehandhabt, wie bei den Verkohlungsmeilern, indem man bald den Zug durch Einstecken von Zuglöchern befördert, bald durch Aufschaukeln von ausgelaugtem oder verwittertem Erz unterdrückt.

Durch seine Pyramidenform ist der Haufen ziemlich vor dem Eindringen des Regens geschützt, doch findet man für nöthig, was sich am Fuße desselben ansammelt, durch Gräben in besondere Behälter zu sammeln.

Die nächste Einwirkung der Rösthize besteht darin, daß aus dem Schwefelkies die Hälfte des Schwefels ausgetrieben wird. Sie verbrennt zum Theil zu schwefliger Säure, zum Theil sublimirt sie und wird an die kühleren Außenfläche verdichtet, während das zurückbleibende Einfach- — oder auch bei geringerer Hize Achtsiebentel-Schwefeleisen, in den späteren Perioden, wenn der Brennstoff und die Kohle des Haufens verzehrt sind, zu Eisenvitriol wird. Außerdem wird die Masse des Schiefers aufgelockert und unter bedeutender Volumverminderung in eine rothe Asche verwandelt; die Schiefer von Lüttich z. B. verlieren 28 Proc. ihres Gewichtes *). Ganz ähnlich behandelt man die an sich verwitterbaren Erze, nur daß man in die Haufen keinen Brennstoff mit einschichtet, sondern dafür sorgt, daß dieselben gehörig von Feuchtigkeit, ohne welche keine Verwitterung eintreten kann, durchdrungen sind. Es ist gut, für die Unterlage einen Thonboden zu wählen, damit die Feuchtigkeit keine Salze in den Boden fortführt; auch legt man die Haufen hie und da unter einem Schoppen an. Es gilt als vornehmste Regel, daß die Ausbeute um so besser ausfällt, je langsamer und je gleichförmiger die Temperatur geleitet wird. Zuweilen muß man daher bei widrigem Wetter mit feuchtem Kohlenklein bedecken, oder auf die zu heißen Stellen frisches Erz aufschaukeln. Wenn die Hize auf einen gewissen Grad steigt und die Masse zum starken Glühen kommt, wird die schwefelsaure Thonerde unter Verlust ihrer Schwefelsäure zerlegt, ein Nachtheil, der einigermaßen dadurch wieder eingebracht wird, daß alsdann auch der Eisenvitriol Säure abgibt und beide theilweise von der Bedeckung der Rösthäufen aus ausgelaugter Erzasche — eine Bedeckung, welche deshalb sehr anzurathen ist — wieder aufgefangen wird. — Eine gänzliche Uebertreibung der Hize endlich könnte ein Erweichen der Schwefelkiese und folglich anstatt einer Auslockerung ein Zusammenbacken der Erze verursachen. — Man begreift leicht, daß eine solche Verwitterung, gleichsam halb unterdrückte Zersetzung, bei so sehr großen Massen von Erzen, wie sie ein Haufen von hundert oder einigen hundert Fuß Länge umfaßt, nicht rasch gehen kann; bei nicht gerösteten Erzen verstreichen 10 bis 12 Monate, bei gerösteten 6 bis 8 Wochen, ehe die Gahre eintritt, welche

*) Zu Salzweiler, bei Duttweiler in Rheinpreußen, geschieht diese Röftung schon in der Grube von selbst und zwar durch ein darunterliegendes Braunkohlenflöz, welches seit 1660 etwa, durch Zufall in Brand gerathen, seitdem fortwährend in einer unterdrückten Verbrennung begriffen ist.

theils durch Probeauslaugen, theils durch den Geschmack, theils durch die Auswitterung erkannt wird. —

Nunmehr ist der Zeitpunkt eingetreten, um die gebildete schwefelsaure Thonerde nebst den übrigen löslichen Salzen ausziehen zu können. Insofern hierbei die Umstände gleich und die Rücksichten der Ersparung an Zeit und Brennstoff nicht nur dieselben, sondern der größeren Concurrenz halber noch dringender sind, verfährt man ganz nach den beim Auslaugen der Salpetererde (S. 288) angegebenen Grundsätzen. Das geröstete Erz wird in großen Kasten von Holz, am besten mit Blei gefüttert, oder auch in gemauerten Behältern, über einen falschen Boden auf Stroh ausgebreitet und mit Wasser übergossen. In Balmunster (Moseldepartement) z. B. sind diese Behälter aus gebrannten Steinen und Thon zusammengefügt, jeder 1728 C. F. (1380 C. F. rhein.) an Inhalt. Auf dem Boden liegen in einem gewissen Abstand von einander Balken, darauf eine Lage Stroh und Reissig, und auf diesem ruht der falsche Boden aus Diehlen. Dieses Alles bildet zusammen den Filtrirapparat, aus welchem die Lauge durch seitliche Spundöffnungen abfließt. Jeder Behälter erfordert 1280 C. F. (1020 C. F. rhein.) Wasser zum Auslaugen. Man gießt zuerst Lauge von 20° B. (specif. Gew. 1,157) auf, wenn diese abgelassen — sie ist dann siedewürdig mit 24° bis 25° B. — so läßt man eine schwächere Lauge von 15° B. (specif. Gew. = 1,113), dann eine von 10° B. (specif. Gew. = 1,072), hierauf die schwächste von 5° B. (specif. Gew. = 1,034) folgen und erschöpft endlich mit reinem Wasser. Alle Laugen, welche schwächer als 24° bis 25° B. sind, werden je nach ihrem Gehalt auf mehr oder weniger erschöpfte Erze wieder aufgegossen. Vermöge der Aufstellung dieser Auslaugekassen in Terrassen kann man das Wasser bequem aus dem oberen in den nächst tieferen u. s. f. abzapfen, bis es die gehörige Grädigkeit zeigt. Die Auflösung heißt alsdann Rohlauge und wird in großen gemauerten Cisternen zur weiteren Verarbeitung vorrätzig gehalten.

In Bezug auf die ausgelaugten Rückstände sind zwei Fälle möglich: Sie waren entweder durch die Verwitterung gänzlich aufgeschlossen, alsdann sind sie wirklich erschöpft und werden über die Halbe gestürzt, sofern sie nicht theilweise zur Bedeckung der Haufen dienen; oder sie enthalten noch verwitterbare Theile, alsdann unterwirft man sie einer zweiten Verwitterung (so in Buchsweiler im Elsaß) entweder für sich, oder unter frische Erze gemengt. — Das Verfahren, wie es in vielen Alaunwerken gebräuchlich, welche Erze verarbeiten, die nicht geröstet zu werden brauchen, läuft auf das Nämliche hinaus. Man nimmt daselbst das Auslaugen mit den Haufen selbst und zwar während der Verwitterung vor; sie sind zu dem Ende auf sogenannten »Bühnen«, nämlich flachen hölzernen Kasten, oder doch auf einer laugebichten, gemauerten oder aus Thon geschlagenen Sohle errichtet, wo das von Zeit zu Zeit aufgepumpte Wasser sich sammelt und nach den Rohlaugebehältern geleitet wird. So gewinnt man die löslichen Salze in dem Maaße, als sie durch die Verwitterung erzeugt werden, in gewissen Perioden. Bis zu welcher Stärke man die Rohlauge in den Auslaugekassen bringen muß, hängt von dem jedesmaligen Verhältniß zwischen dem Arbeitslohn und Preis des Brennstoffs ab, insofern schwache Laugen mehr von letzterem, stärkere mehr Arbeit erfordern; doch ist es

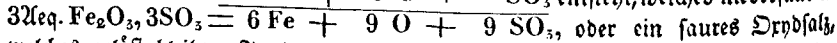
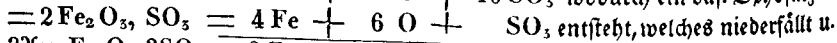
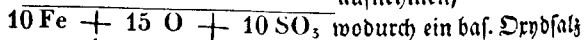
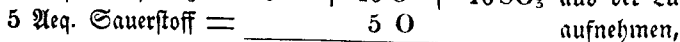
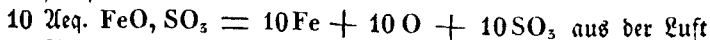
Auslaugen
der gerösteten
Erze.

Rohlauge.

nicht rathlich, die Lauge so weit zu concentriren, daß sie in Bezug auf die krystallisirbaren Salze, nämlich den Eisenvitriol und das Bittersalz, vollkommen gesättigt ist, weil diese sonst bei der geringsten Verdunstung, oder Temperaturerniedrigung, schon früher Krystalle absetzen, als es wünschenswerth ist. — In der Regel überschreitet man nicht gern die Dichtigkeit von 20° B. (specif. Gew. 1,157). Simon fand, um ein Beispiel anzuführen, in der Rohlauge zu Gleissen in der Neumark:

schwefelsaure Thonerde	11,085	} = 29,678 pEt.
schwefelsaures Eisenorydul	9,773	
schwefelsaures Natron	2,035	
schwefelsaure Magnesia	1,754	
schwefelsaurer Mangan	0,174	
schwefelsaures Kali	0,095	
schwefelsaurer Kalk	0,120	
Eisenchlorid	1,872	
Chlormagnesium	0,334	
Chloraluminium	0,419	
freie Schwefelsäure	0,563	
freie Salzsäure	1,454	
Wasser	70,322	
	<u>100,000</u>	

Zu den hier aufgezählten Bestandtheilen kommt beinahe in allen Fällen eine bestimmte Menge fertig gebildeten Alauns, theils Kali-, theils Ammoniak-Alauns, so weit der letztere nicht der Glühfuge ausgesetzt war, welche ihn bis auf seine zurückbleibende Thonerde zerlegt. Zur Entstehung des ersteren trägt der Kaligehalt der Erze selbst, mehr noch der aus der Asche der Brennstoffe, besonders des Holzes, bei, während der letztere seinen Ursprung dem Vorhandensein des Stickstoffs in den Kohlen verdankt. Während des Stehens in den großen Vorrathbehältern erleidet die Rohlauge, während sie sich klärt, durch die Berührung des schwefelsauren Eisenoryduls mit der Luft eine chemische Veränderung, welche sich bekanntlich auch in Auflösung dieses Salzes geltend macht und zwar in der Art, daß:



welches gelöst bleibt. In der vorstehenden Analyse ist dieses saure Salz wahr-

scheinlich übersehen worden, oder seine Bestandtheile sind in einer andern Weise

in Rechnung gebracht; übrigens fällt in so verdünnten Lösungen, wie die Roh-

lauge, das Eisenoryd beinahe gänzlich zu Boden und nur sehr wenig bleibt

in der Flüssigkeit. Von der Anwesenheit desselben kann dadurch Nutzen ge-

zogen worden, daß man der Rohlauge von dem Schlamm zusetzt, welcher bei

der weiteren Behandlung derselben erhalten wird. Er ist eine Art basischer

Alaun, d. h. ein unlösliches Salz, welchem eine gewisse Menge Schwefelsäure

fehlt, um wieder gewöhnlicher Alaun zu werden. Dieser Mangel ergänzt sich dann aus der überschüssigen Säure des sauren Eisenorydsalzes, oder der freien Schwefelsäure. — Das basische Eisenorydsalz heißt Vitriolschmand und wird von Zeit zu Zeit vom Boden der Behälter gesammelt, um daraus durch Glühen — wodurch es seine Säure verliert und zu bloßem Dryd wird — eine rothe Farbe darzustellen.

Die weitere Verarbeitung der Rohlauge hängt von der Menge des Eisen-
 vitriols ab, welche bei weitem in den meisten Fällen ebenso groß, oder größer ist,
 als die des Alauns. Die Lauge wird alsdann auf beide Salze zugleich benutzt,
 so daß die Alaunwerke auch zugleich Vitriolwerke sind; indessen ist der Gang,
 den man zur Trennung und Krystallisation derselben einschlägt, auf den verschie-
 denen Werken sehr abweichend.

Verfärbung der
 Rohlauge.

Wenn die Rohlauge sehr reich ist, so nimmt man vorläufig auf den Alaun
 gar keine Rücksicht und dampft die Lösung in Pfannen ein, in welche man altes
 Eisen wirft. Dadurch wird das an der Luft gebildete Drydsalz theils als basisches
 Salz niedergeschlagen*), indem ein Antheil seiner Säure das Eisen unter Was-
 serstoffentwicklung auflöst, theils immer wieder zu Drydsalz reducirt und folg-
 lich die Zersetzung des Vitriols verhindert, welcher nachher aus der concentrirten
 Lösung in großen Krystallen anschießt. Um diesen mehr Punkte zum Ansetzen zu ge-
 ben und das Ablösen und Herausnehmen zu erleichtern, pflegen die Sudmeister
 gabelförmige Hölzer oder zugeschnittene und geschälte Aeste von oben in die anschie-
 ßende Lauge einzuhängen. — Die Mutterlauge enthält natürlich noch alle schwefel-
 saure Thonerde und wird auf Alaun versotten, wie nachher näher angegeben wird.

An anderen Orten (zu Reschwig bei Saalfeld, zu Schwemmsal) wird der
 größere Theil des Wassers durch Gradiren wie bei den Salzsoolen (S. 217)
 fortgeschafft, wobei, wegen der vermehrten Einwirkung der Luft, ein bedeutender
 Antheil Vitriol zerfällt und viel basisch schwefelsaures Eisenoryd mit Gyps
 vermengt auf den Dornen zurückbleibt. Die gradirte Lauge liefert alsdann durch
 Eindampfen Vitriol und eine Mutterlauge, die auf Alaun benutzt wird.

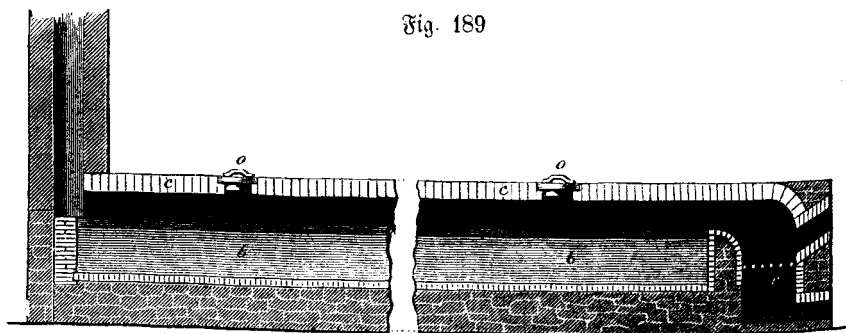
Bei einem dritten Verfahren geschieht die Abscheidung des Vitriols nicht
 durch Abkühlung der gesättigten Lösung, sondern — sowie beim Soggen des
 Kochsalzes — durch bloßes Eindampfen, also Wasserentziehung allein (z. B. in
 Buchsweiler). Wenn nämlich das Eindampfen eine Zeit lang gewährt, also
 der Wasserverlust und mithin die Stärke der Lauge einen gewissen Grad er-
 reicht hat, so tritt ein Punkt (bei dem spec. G. = 1,35 bis 1,37 oder 38°
 bis 40° B.) der Sättigung ein, bei welchem das noch übrig gebliebene Wasser
 eben noch zureicht, den Vitriol in Lösung zu erhalten. Von da an muß also
 mit jedem weiter verdunsteten Antheil Wasser, ein Antheil Vitriol niedersinken;
 es entsteht ein Bodensatz aus sehr kleinen, wasserfreien, oder weniger gewässerten
 Krystallen von Vitriol, welcher sich stark mehrt. Unterdessen wird das verdun-
 stete Wasser unaufhörlich durch frische Lauge ersetzt. Man sieht leicht ein, daß da-

*) Dieser Niederschlag findet auch ohne das Zuthun von metallischem Eisen Statt,
 weil verdünnte Lösungen von schwefelsaurem Eisenoryd (Fe_2O_3 , 3SO_2) schon beim
 bloßen Erwärmen: $3\text{Fe}_2\text{O}_3$, SO_2 , also basisches Salz fallen lassen.

Verfärbung der Rohlauge. durch zwar die Menge des aufgelösten Vitriols in der Pfanne nicht mehr wachsen kann, denn die Lauge ist damit gesättigt; wohl aber muß der Gehalt an den übrigen löslicheren Salzen (schwefelsaurer Thonerde) noch so lange zunehmen, bis die Flüssigkeit auch an diesen Salzen gesättigt ist. In der That steigt die Grädigkeit (Stärke) der Lauge noch lange und gleichzeitig mit der Abscheidung des Vitriols, und der Siedemeister braucht nur auf den Zeitpunkt Acht zu haben, wo die Stärke nicht mehr zunimmt (das Aräometer bis zu demselben Grad eingetaucht bleibt), um sicher zu sein, daß nunmehr die Lauge auch für die anderen Salzen gesättigt und neben dem Vitriol auch diese niederfallen müssen — wenn der Sub nicht unverzüglich unterbrochen wird. Man hat also auf der einen Seite den niedergefallenen Vitriol, welcher durch Umkrystallisiren gereinigt wird, wobei sich sein Wassergehalt auf 7 Aeq. ergänzt, — und eine Mutterlauge mit schwefelsaurer Thonerde, zum Alaunmachen.

Wenn im Gegentheil der Vitriol nicht vorherrscht, so ist der Gang der umgekehrte und die Behandlung der Rohlauge beginnt mit der Verarbeitung auf Alaun. Zu dem Ende wird dieselbe, nachdem sie in den Rohlaugebehältern klar geworden, in die Abdampfpfannen gepumpt. Macht man diese aus Eisenblech, so werden sie leicht von der schwefelsauren Thonerde der Lauge unter Wasserstoffentwicklung und Abscheidung von basisch schwefelsaurer Thonerde angegriffen, wenn man diese Einwirkung, welche der einer Säure analog ist, nicht durch Zusatz von dem basischen Schlamm im Schach hält. Trotz dem verursacht das feste Aufbrennen des Bodensatzes Unannehmlichkeiten und Beschädigungen, welche besonders die Anwendung von Gußeisen und Blei, welches übrigens chemisch nicht angegriffen wird, mißlich machen, insofern das erstere zu spröde, das andere zu weich und zu schmelzbar ist. Man ist daher auf die Idee verfallen, um das Aufbrennen zu vermeiden, die Flamme über den Spiegel der Flüssigkeit, anstatt unter dem Pfannenboden herzuleiten und hat endlich die metallene Pfanne ganz weggelassen, wie in Fig. 189, welche einen der zweckmäßigsten

Fig. 189



und am meisten gebrauchten Abdampfföfen vorstellt. Die Lauge befindet sich in einem Becken *b b*, dessen Wände von auf die hohe Kante gestellten Ziegeln gebildet sind, die man mit einem Mörtel aus Kalk und ausgelaugter Alaunschieferasche verbindet und gut mit der Kelle verstreicht. Der Kof *r* ist absichtlich etwas tief gelegt, damit weniger Flugasche von der Flamme mitgerissen wird, die ihren Weg

unter dem flachen Gewölbe *c* her nach dem Kamin nimmt. Inzwischen sind Oeffnungen *o o* angebracht, um an verschiedenen Stellen das Innere beobachten zu können. Soll das Feuer dieser Art von Flammöfen gut benutzt werden, so muß derselbe entweder, wie hier, sehr lang, oder doch mit einer zweiten Pfanne zum Vorwärmen verbunden sein. Das Zweckmäßige der abgebildeten Einrichtung ist augenfällig. Einmal geschieht die Erwärmung der Flüssigkeit unmittelbar, also ohne Verlust; alsdann bewirkt der Zug des Ofens auf die einfachste Weise und von selbst, eine stete Erneuerung der Atmosphäre über der Flüssigkeit, also sehr rasche Verdunstung. — Man läßt so lange frische Lauge zum Ersatz des verdunsteten Wassers nachfließen, setzt auch wohl Mutterlauge von früheren Operationen hinzu, bis der Inhalt der Pfanne die Stärke von etwa 42° B. (spec. G. = 1,40) zeigt, als derjenigen, die zur nun folgenden Arbeit des Mehlmachens am geeignetsten ist. In der Zwischenzeit fällt ein reichlicher Bodensatz aus der Lauge nieder, der aus sehr viel basisch schwefelsaurem Eisenoryd (durch fortwährende Zersetzung des Vitriols und neutral schwefelsauren Eisenoryds), aus Gyps u. dergl. besteht und es nöthig macht, die gahre Lauge zuvor in den Kühlkasten abzuklären. Welches auch das Mischungsverhältniß sein mag, nie darf die Lauge so weit abgedampft sein, daß durch Abkühlung in den Kasten, worin das Mehl gemacht wird — den Schüttelkasten, ein Salz auskrySTALLISIRT. Alles muß nach der Erkaltung vollständig gelöst und die Lauge durchaus klar bleiben. —

Die Schüttelkasten sind diejenigen Gefäße, worin die schwefelsaure Thonerde in der Weise mit schwefelsaurem Kali oder Ammoniak — dem Fluß oder Präcipitirmittel — verbunden wird, daß zugleich die erste Reinigung des entstandenen Alauns erfolgt. Dieser letztere ist nämlich in der Flüssigkeitsmenge, welche die Lauge und die Auflösung des Präcipitirmittels zusammengegossen bilden, in der Kälte nur zu einem kleinen Theil löslich. Der Mehrbetrag des Alauns fällt daher (um so mehr da die Flüssigkeit stark umgerührt, »geschüttelt« wird) in sehr kleinen Krystallen, Mehl, nieder, welche keine Mutterlauge einschließen und von dem anhängenden Theil leicht durch Wasser befreit werden können. — Ammoniakalaun und Kalialaun verhalten sich in dieser Beziehung nahe gleich, da 100 Th. Wasser von 10° von diesem 9,52 Th., von jenem 9,16 Th. (krystall. Salz) auflösen; nicht so der Natronalaun, von dem das Wasser bei 10° 46 Th. aufnimmt. Es ist demnach das schwefelsaure Natron zum Präcipitiren, also auch zur Fertigung eines wohlfeilen und doch reinen Alauns ungeeignet und nicht anwendbar. — Nach der Theorie gehören zur Umwandlung von 100 Th. schwefelsaurer Thonerde 50,9 Th. neutr. schwefels. Kali, oder 47,8 Th. schwefels. Ammoniak. — Das Präcipitirmittel trocken anzuwenden, ist darum nicht thunlich, weil man alsdann den Sättigungspunkt nicht gehörig erkennt und das Alaunmehl leicht durch einen Ueberschuß verunreinigt, der sich wenigstens bei der Schwerlöslichkeit des schwefelsauren Kali's nicht gut auswaschen läßt. Auf der andern Seite wird man aber, um nicht zu viel Wasser in den Schüttelkasten zu bringen und möglichst viel Mehl zu erhalten, nur ganz gesättigte Lösungen anwenden. Mit Berücksichtigung dieser Gründe läßt sich der Erfolg des Mehlmachens leicht veranschaulichen. Wenn man der Einfachheit hal-

Verstehen d.
Kohlauge.

Das Mehl-
machen.

ber annimmt, die dazu bestimmte Lauge, deren Temperatur 10° sein mag, sei mit Eisenvitriol und Alaun gesättigt, so enthält sie:

auf 100 Th. Wasser

33,2 Th. wasserfreien Eisenvitriol und

33,5 Th. wasserfreie schwefelsaure Thonerde;

diese erfordern 17,1 Th. neutral schwefelsaures Kali, welche zu ihrer Auflösung 66 Th. siedendes Wasser voraussetzen. Nach dem Zusammengießen der Lösung und Lauge entstehen nun 96 Th. krystallisirter Alaun, welche $100 + 66 = 166$ Th. Wasser vorfinden. Darin können von diesen 96 Th. Alaun, nach dem Erkalten auf die anfängliche Temperatur von 10° , nur noch 16 Theile gelöst bleiben; es müssen also $96 - 16 = 80$ Th. Alaun als Mehl niederfallen; in der Ausübung um so viel weniger, als die Lauge von ihrem Sättigungspunkt entfernt ist. — Das Chlorkalium gewährt die Bequemlichkeit, daß man für gleiche Mengen Alaun im Verhältniß von 117 : 100 weniger braucht, als an schwefels. Kali und bei der größeren Löslichkeit (in nicht ganz 2 Th. siedendem und in 3 Th. kaltem Wasser) ohne Nachtheil kalte Auflösungen anwenden kann. In demselben Beispiel würden zum Präcipitiren der 33,5 Th. schwefels. Thonerde 14,5 Th. Chlorkalium nöthig sein, welche in 26,2 Th. siedendem Wasser lösbar sind und ebenfalls 96,5 Th. Alaun bilden. Davon werden unter gleichen Umständen in der zusammengegoßenen Flüssigkeit gelöst bleiben 12 Th., folglich 84,5 Th. Mehl niederfallen. Dieselbe Menge Chlorkalium bedarf aber 46 Th. Wasser von 10° zur Lösung, welche zur Lauge gefügt 84 Th. Mehl niederschlägt, während 13,8 Th. Alaun gelöst bleiben. Wie man sieht, ist der Unterschied verschwindend. Einen ähnlichen Vortheil gewährt das ebenso leicht (in 2 Th. siedendem Wasser) lösliche schwefelsaure Ammoniak, nur liefert es im Verhältniß von 100 : 95,6 weniger Alaun; um so viel ist nämlich das Aequiv. des Ammoniakalauns geringer, als dasjenige des Kalialauns. In der That erfordern die 33,5 schwefelsaure Thonerde des obigen Beispiels 15,8 schwefelsaures Ammoniak, um vollständig, nämlich zu 87,7 Th. Alaun zu werden. Indessen bleiben nach dem Präcipitiren nur 10,6 Th. Alaun gelöst, fallen mithin 77 Th. Ammoniakalaun als Mehl. Demnach heben der Nachtheil des kleineren Aequiv. beim Ammoniakalaun und der Vortheil der größeren Löslichkeit des Ammoniakflusses ziemlich einander auf.

Das schwefelsaure Kali erhält man nebenbei in den Scheidewasserbrennereien, aus den Defen der Bleikammern (S. 203) nach älterem Betrieb, beim Reinigen der Potasche u. s. f. In der Regel ist es ganz oder theilweise doppelt schwefelsauer ($= \text{KO}, 2\text{SO}_3$); in diesem Falle ist vortheilhaft, das Salz vorher mit Potasche zu neutralisiren zu KO, SO_3 . — Nur in diesem Falle, oder bei Gegenwart von freier Säure, kann Potasche angewendet werden; im Gegentheil wird unfehlbar ein Theil schwefelsaure Thonerde als basisch schwefelsaures Thonerdekali (basischer Alaun) niedergeschlagen, ein Salz, welches ohnehin immer im Verlauf des Abdampfens, z. B. durch die Einwirkung des Eisens entsteht, jedoch durch doppelt schwefelsaures Kali wieder aufgelöst werden kann. Am zweckmäßigsten würde es sein, die Reinigung der Potasche mit der Alaunsiederei zu verbinden; so daß nicht allein das schwefelsaure Kali, sondern auch das Chlorkalium derselben

benutzt werden könnte. Dieses Salz, in die Lauge gebracht, zerfällt sich mit den schwefelsauren Metalloxyden und Erden zu Chlorüren und schwefelsaurem Kali; daraus erwächst nun ein erheblicher Vortheil, denn neben den geringeren Antheilen von Bittersalz kann auf diese Weise alles schwefelsaure Eisenoryd und Eisenorydul in Eisenchlorid und = Chlorür verwandelt werden, welche beide zerfließlich sind, also leichter von dem schwerlöslichen Mehl getrennt werden können, als der Vitriol. Der Zusatz von Chlorkalium ist besonders dann von Wichtigkeit, wenn das erstere, nämlich schwefelsaures Eisenoryd, in der Lauge zugegen, denn es bildet dieses Salz mit dem schwefelsauren Kali ein schwer-, aber nicht unlösliches basisch schwefelsaures Eisenorydkali (basischen Eisenalaun), welches als gelbes Salzpulver mit dem Alaunmehl niederfällt und dieses verunreinigt. — Sind alle übrigen schwefelsauren Salze in Chlorür verwandelt, so kommt die Reihe der Zersetzung an die schwefelsaure Thonerde und jeder weitere Zusatz von Chlorkalium bringt durch Bildung von salzsaurer Thonerde Verlust. Darum muß die Beschaffenheit der Lauge jedesmal genau bekannt sein, um die Menge des zuzusetzenden Chlorkaliums darnach zu bemessen; denn selten oder nie wird die Menge des Chlorkaliums, welche man nöthig hat, um alle Thonerde zu präcipitiren, so viel schwefelsaures Eisen vorfinden, um sich damit in schwefelsaures Kali zu verwandeln. Die Umstände und die Benutzung oder Nichtbenutzung der Mutterlauge auf Eisenvitriol müssen also entscheiden, ob und wie viel man davon durch Chlorkalium zersetzen muß, welches übrigens die Seifensiedereien (als Seifensiederfluß S. 360), die Salpeteraffinerien S. 295 und die Glashütten (als Glasgalle S. 405) in Menge liefern. — Holzasche darf niemals, selbst nicht mit doppelt schwefelsaurem Kali angewendet werden, wegen ihres Kalkgehaltes; dagegen bedient man sich in Frankreich häufig des Vares (S. 238) und in England des Kelps (S. 238). — In diesen Ländern und überhaupt da, wo man aus Steinkohlen Leuchtgas bereitet, verwendet man die sehr wohlfeilen Ammoniaksalze aus den Condensatoren (S. 136), welche man nur durch Sättigen mit Schwefelsäure, oder durch Zersetzung mit Gyps oder Eisenvitriol in schwefelsaures Ammoniak verwandelt; ebenso kann man die rohe ammoniakalische Flüssigkeit, wie sie in den Salmiakfabriken durch trockne Destillation von Thierstoffen gewonnen wird, behandeln und anwenden. —

Um sicher zu gehen und kein Präcipitationsmittel zu vergeuden, ist es nöthig, vor der Präcipitation die eben erforderliche Menge desselben auszumitteln. Zu dem Ende genügt es, einer abgemessenen Menge Lauge unter Umrühren so lange eine gesättigte siedende Lösung des Flusses aus einem graduirten Gefäße zuzusetzen, als das zu Boden fallende Mehl sich noch mehrt. Aus der Anzahl der verbrauchten Grade erfährt man alsdann mit hinreichender Annäherung, wie viel Theile dieser Lösung erforderlich sind, um ein gegebenes Volum Lauge niederzuschlagen, und umgeht so gänzlich die beschwerliche Wägung. Indessen könnte durch Abkühlung leicht ein Theil schwefelsaures Kali (bei seiner Schwerlöslichkeit) ebenfalls als Krystallmehl niederfallen und Täuschung verursachen; deshalb ist es gut, bei der Probe immer das leichtlösliche schwefelsaure Ammoniak zu nehmen und zu berücksichtigen, daß 1 Th. davon jedesmal 1,32 Th. schwefelsaurem Kali und 1,13 Th. Chlorkalium entspricht.

Das Mehl
machen.

Das Mehl-
machen.

Nachdem man nach diesen Grundsätzen die Wahl und Vorbereitung des Flusses getroffen hat, beginnt das Mehlmachen, indem die Flüssigkeit, während das alkalische Salz zuläuft, lebhaft umgerührt (geschüttelt) wird, so lange bis sich das Alaunmehl vollständig abgesetzt hat. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so schaufeln die Arbeiter das Mehl auf eine geneigte Fläche zur Seite des Schüttelkastens, damit die Mutterlauge dahin zurückfließen kann. Ein Theil bleibt übrigens zwischen den Krystalltheilchen zurück, und ist die Ursache der bräunlich gelben Farbe. Ihre Entfernung ist die Aufgabe der nunmehr folgenden Verrichtung: des Waschens. — Es würde dies am besten nach demselben Grundsatz, wie beim Raffiniren des Salpeters geschehen, S. 295, doch begnügt man sich meistens damit, das Mehl in einem andern Gefäß mit wenig kaltem Wasser zu zerrühren, welches die Mutterlauge, aber auch je nach seiner Temperatur, mehr oder weniger Alaun aufnimmt und abgelassen wird, worauf man dasselbe noch ein oder zweimal wiederholt. Die ersten Waschwasser sind Laugen von mittlerer Stärke und werden in den Abdampfpfannen zugesetzt, während das zuletzt erhaltene, beim nächsten Waschen statt reinen Wassers dient. —

Das Krystall-
sifiren.

Als gewaschenes Mehl ist der Alaun zum Verkauf weder hinreichend rein, noch in der geeigneten Form; denn die Abnehmer verlangen die Waare stets in großen Krystallen, weil ein betrügerischer Zusatz von anderen Stoffen ähnlichen Ansehens zu dem Mehl nicht sogleich erkannt werden kann. Beiden Anforderungen wird durch das Umkrystallisiren Genüge geleistet. Zu dem Ende trägt man entweder das Mehl nach und nach bis zur Sättigung in einen kupfernen Kessel mit siedendem Wasser, oder man bewerkstelligt die Wiederauflösung, und zwar viel zweckmäßiger mit Dampf. In Balmunster z. B. geschieht dies in hölzernen, mit Blei gefütterten Bottichen, welche von oben mit einem Deckel versehen sind. Dieser hat zwei Oeffnungen: durch den einen geht das 4 Linien weite Dampfrohr hinab, in die andere ist ein dicker Bleitrichter bis an den Rand eingelassen, dessen Wandung mit 3 Linien weiten Löchern, 300 auf den Quadratfuß, versehen ist. Wenn man nun diesen Trichter mit Alaunmehl voll erhält, so wird der zufließende Dampf aus dem Inneren durch diese Oeffnungen zu entweichen suchen, folglich in das Mehl eindringen, dieses auflösen. Die gesättigte Lösung, welche herabtropft, kann nicht unter die Temperatur des Dampfes erkalten. Ein solcher Bottich von 4 Fuß Höhe ($3\frac{1}{2}$ F. rh.) und 2 ($1,6$ F. rh.) Fuß Weite, löst in einer Stunde 36 Centner Alaun auf. In der Regel bleibt nach dem Auflösen ein Rückstand von basischem Alaun, den man durch Decanthiren trennt und in der bereits oben bemerkten Weise verwendet. — Die gesättigte Lösung (von 48° bis 50° B. = 1,485 bis 1,515 sp. G.) wird nunmehr (mittelfst eines bleiernen Hahns) in die sogenannten Waschgefäße gepapft. So nennt man die zum Anschießen bestimmten Bottiche, welche aus bloßen Holzdauben ohne Bleifütterung zusammengefügt sind. Ihre Höhe ist ungefähr 5 Fuß ($4'$ rh.), der obere Durchmesser 3 Fuß ($2\frac{2}{3}$ rh.); von da an verjüngt sich das Gefäß nach unten kegelförmig, aber so, daß die Wände stets gerade bleiben, damit sich die Dauben durch Abstreifen der Reifen bequem auseinandernehmen lassen. Durch das Erkalten scheidet sich der größte Theil des Alauns (78 pCt. in Balmunster) in sehr großen, zuweilen mehr als Pfund schweren Krystallen aus,

welche, die Spitzen nach innen gekehrt, an der Wand herum eine zusammenhängende feste Kruste bilden, die sich an dem Boden um das Doppelte und Dreifache verdickt. Es bildet die Krystallisation mit einem Wort ein Gefäß aus Alaun, welches hinreichend Stärke hat, um sich selbst zu tragen. Treibt man daher die Reifen nieder, so kann man die Dauben trocken wegnehmen, worauf die Arbeiter mit einem spitzen Pickel mehrere Löcher untereinander in die Salzkruuste einschlagen, um die Mutterlauge abzulassen, welche sich in einer Gasse des gepflasterten Bodens sammelt und nach besonderen Cysternen abfließt. Die Alaunmasse wird endlich in grobe Stücke zertrümmert, getrocknet und verpackt.

Die Mutterlauge ist eine mit Alaun gesättigte Lösung von schwefelsaurem Eisenoryd und = Drydul, von Chloreisen, von Bittersalz und schwefelsauren Alkalien; dazu kommt noch Natronalaun, wenn man mit Seisensiedersfluß (Eochsalzhaltigem Chlorkalium) präcipitirt, oder mit Holzasche gesättigtes doppeltchwefelsaures Alkali angewendet hat, auch freie Schwefelsäure und andere Verbindungen in geringer Menge. Je nach der Beschaffenheit der Erze ist das eine oder andere Salz vorherrschend, und giebt die Richtschnur ab für die weitere Verwendung der Mutterlaugen. Solche, die sauer und eisenhaltig sind, versetzt man mit altem Eisen, wodurch das Eisenoryd in Drydul übergeht und Eisenvitriol erhalten wird. Andere, besonders die an Chloreisen reich sind, werden zur Trockne verdampft und geglüht; man erhält das Eisen alldann als Dryd zu rother Farbe. — Zuweilen dienen auch die Mutterlaugen zum Sättigen des rohen kohlenfauren Ammoniaßs (der Gaswerke etc.), also zur Darstellung des schwefelsauren Ammoniaßs. Endlich sind manche Erze so reich an Bittererde, daß die Mutterlauge auf Bittersalz benutzt werden kann.

Bei der so großen Abweichung in der Beschaffenheit und dem Reichtum der Erze kann auch nicht einmal annähernd eine Uebereinstimmung in dem Verbrauch und der Ausbeute auf verschiedenen Alaunwerken erwartet werden. So erzeugt man zu Balmunster aus 308 E. Klasten = 17300000 Pfund Alaunschiefer, 400,000 Centner Alaun, also 2,3 pEt., wozu 100,000 Pfund schwefelsaures Kali und 1,400,000 Pfund Steinkohlen verbraucht werden. Aus den Schiefern von Lütich gewinnt man nur 2 pEt. Alaun, an anderen Orten nur 1 bis $\frac{1}{2}$ pEt. —

In einzelnen Fällen hat man die schweflige Säure, welche sich in gewissen hüttenmännischen Processen entwickelt, zur Alaunerzeugung zu benutzen gewußt, indem man sie gerade so auf thonerdehaltige Felsarten einwirken läßt, wie dies in der Natur im Bereich der vulcanischen Thätigkeit geschieht. Z. B. in Linz am Rhein leitet man die schweflige Säure, die sich beim Rösten von Zinkblende (Schwefelzink) entbindet, über Kupferschiefer und Basalt, welche dadurch zerfressen werden, wenn hinreichend Feuchtigkeit und Luft einwirken kann. Das Product ist schwefelsaure Thonerde nebst Eisen- und Kupfervitriol, welche auf die beschriebene Weise getrennt werden. Nur ist zu bemerken, daß viele Felsarten, besonders Basalte, Natron (bis 6 pEt.) enthalten, mithin eine entsprechende Menge Natronalaun entsteht. —

Sehr verschieden ist die Art und Weise, wie man sich nach einem französischen Verfahren, welches zuerst Alban und Chaptal ausführten, die schwe-

Die Mutterlauge.

Alaun aus thonerdehaltigen Felsarten.

Aus Thon.

felsaure Thonerde verschafft. Es geschieht dies nämlich durch directe Einwirkung von Schwefelsäure auf Thon (kieselsauren Thon mit freier Kieselsäure), welcher begreiflicher Weise nur sehr kleine Mengen von Kalk und Eisen enthalten darf. Der sogenannte plastische oder Pfeifenthon entspricht diesen Bedingungen am besten; ob man nun diesen oder einen andern wählen mag, so ist es stets nöthig, den Thon zu brennen, aber nur soweit, daß er sich eben pulvern läßt, und zwar um deßwillen, weil der frische Thon die Säure viel schwieriger annimmt, als der durch Calciniren porös gewordene. — Nachdem der Thon gemahlen und fein abgeseiht ist, digerirt man denselben mehrere Tage lang mit 45 pCt. Schwefelsäure (aus den Bleikammern von 45° B.) in einem Behälter, der durch die vom Calcinirofen abfallende Hitze auf etwa 70° C. geheizt wird. Es bildet sich alsdann schwefelsaure Thonerde, während die Masse unter Abscheidung von Kieselerde stets dicker wird. In diesem Zustande wird sie ausgestochen und — nachdem sie noch einige Monate an der Luft gelegen hat, um die Einwirkung der Säure zu vervollständigen — ausgelaugt und präcipitirt. — Andere ziehen es vor, den frischen Thon vor dem Calciniren mit Potasche durcheinander zu kneten, so daß durch Digestion mit Schwefelsäure, Kieselerde abgeschieden und unmittelbar Alaun gebildet wird.

Aus Feldspath.

Nach einem Vorschlag, den schon früher Sprengel gethan, aber neuerdings Turner wieder zur Ausführung gebracht hat, soll man Feldspath ($\text{KO}, \text{SiO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{SiO}_3$) in einem Flammofen mit schwefelsaurem Kali aufschließen und alsdann mit ebenso viel kohlensaurem Kali zu einem Glas zusammenschmelzen. Dieses alkalireiche Glas zerfällt in kochendem Wasser in ein auflösliches Kali- und ein unlösliches Kali-Thonerde-Silicat. Das letztere giebt mit Schwefelsäure gekocht, Alaun und freie Kieselerde; das erstere kann dadurch zu Gute gemacht werden, daß man ihm mittelst Kalk seine Kieselerde entzieht. — Insofern man hierbei nicht mit eisenhaltigen Stoffen zu thun hat, könnte man auch Natronsalze und Natronfeldspath (Albit) anwenden.

Eigenschaften
des Alauns.

Beim Erhitzen bis gegen 300° verliert der Kalialaun sein Krystallwasser, wobei die geschmolzene Masse eine zerreibliche, weiße, poröse Beschaffenheit annimmt und in entwässerten oder gebrannten Alaun (*Alumen ustum*) übergeht, der sich nur sehr langsam wieder in Wasser löst, jedoch aus der Luft allmählig wieder Krystallwasser anzieht. In der Glühhitze geht die an die Thonerde gebundene Schwefelsäure theils unzerseht und wasserfrei, theils in schweflige Säure und Sauerstoff zerlegt weg; es bleibt schwefelsaures Kali und Thonerde im Rückstand. — Ganz so verhält sich Ammoniakalaun, nur daß nach dem Glühen natürlich außer Thonerde nichts zurückbleiben kann. — Beide Alaune sind von saurer Reaction. —

Berunreinigung.

Selbst die reinsten Sorten Alaun enthalten etwas Eisen, so der Lütticher $\frac{2}{10000}$, der von Javelle bei Paris $\frac{8}{10000}$, von Aveyron $\frac{11}{10000}$, der englische $\frac{12}{10000}$; diese Berunreinigung durch Eisenalaun, welche sich leicht durch Blutlaugensalz nachweisen läßt, ist bedeutend genug, um sich in der Färberei, zum Nachtheil der empfindlichen, lichten Farben, durch Stumpf- und Trübheit derselben bemerklich zu machen; lassen sich aber durch Umkrystallisiren oder durch Zusatz des genannten Agens als Berlinerblau trennen. Nur die römischen Alaune,

— so nennt man die Sorten, welche aus Italien in den Handel gebracht werden — sind an und für sich hinreichend rein und haben durch ihren geringen Eisengehalt einen bedeutenden Ruf erhalten, obgleich ihr Ansehen eher auf das Gegentheil schließen läßt. Sie bestehen nämlich aus kleineren, nicht zusammenhängenden Krystallen, welche äußerlich mit einem röthlichen Schlamm aus einer eisenhaltigen Erde bedeckt sind; beim Auflösen bleibt derselbe aber zurück und es kommt mithin nur der auflösbare, als Eisenalaun vorhandene Theil des schwefelsauren Eisenoxyds in Betracht, der nicht über $\frac{1}{2000}$ beträgt. Solche Alaune geben mit Blutlaugensalz erst nach einigen Stunden, gewöhnliche schon nach wenigen Minuten einen blauen Niederschlag. — Unter dem römischen Alaun findet man, obwohl selten, während die gewöhnliche Form die der Aetzflächner ist, einen Alaun in Würfeln, welcher als Rubischer Alaun unterschieden wird. Seine Zusammensetzung und die Umstände, unter denen er sich bildet, sind nicht genau ermittelt, doch ist sein Verhalten von dem des gewöhnlichen Alauns abweichend. Werden die Würfel des römischen Alauns in Wasser von 36° bis 40° C. aufgelöst und umkrystallisirt, so schießen die nämlichen Würfel an; sicherer als durch Abkühlung gelingt dies, wenn die Lösung an der Luft verdunstet. Bei höheren Temperaturen trübt sich die Lösung durch niederfallenden, basischen Alaun und die Flüssigkeit giebt alsdann Aetzflächner. Die Entstehung des römischen Würfelalauns ist demnach wohl in dem Umstande zu suchen, daß die Alaunlauge stets mit überschüssiger Thonerde in Berührung ist. Indessen erhält man durch Digestion des Aetzflächner-Alauns mit Thonerdehydrat und Verdunsten der Lösung an der Luft Krystalle, welche zwar ebenfalls Würfel sind, sich aber unter Abscheidung eines basischen Thonerdesalzes bilden und von derselben sauren Reaction und demselben Verhalten, wie der gewöhnliche Aetzflächner-Alaun, sind.

Rubischer.

Anstatt dem gewöhnlichen Alaun Thonerde hinzuzufügen, kann man auch, was auf dasselbe herauskommt, denselben Schwefelsäure durch ein Alkali entziehen. In der That entsteht dieselbe Verbindung, wenn man eine Alaunlösung mit kohlensaurem Kali so lange versetzt, als sich der entstehende Niederschlag wieder auflöst. Sie ist in den Künsten als neutraler Alaun bekannt und ist eine Lösung, welche neben gewöhnlichem Alaun auch eine gewisse Menge basische schwefelsaure Thonerde enthält. Eine solche Lösung ist natürlich ungemein viel mehr geneigt, ihren Ueberschuß an Thonerde, z. B. an die Pflanzenfaser beim Färben abzugeben, als unveränderter Alaun, und zwar ohne daß, wie bei diesem, Schwefelsäure frei wird, welche leicht nachtheilig auf die Festigkeit der Faser wirkt.

Neutraler Alaun.

Wie schon im Eingang bemerkt worden, wirkt das schwefelsaure Alkali bei der Anwendung des Alauns nicht mit, sondern vermindert im Gegentheil seine Wirksamkeit, d. h. seinen Thonerdegehalt. Es kommt nun in der That neuerdings im Handel ein, und zwar mit Recht, als ungleich wirksamer gepriesenes Erzeugniß unter dem Namen Alaun, in Gestalt von zollblassen, viereckigen, weißen, schwach durchscheinenden Platten vor, welche sich vollständig in Wasser auflösen, keine Spur von Krystallisation zeigen, und den Geschmack des Alauns, aber in viel stärkerem Grade besitzen. Er ist gänzlich eisenfrei. Das Verfahren

Die schwefelsaure Thonerde des Handels.

worauf Wiesmann ein Patent genommen hat, ist die bereits beschriebene Behandlung des Thons mit Schwefelsäure und unterscheidet sich nur darin, daß man die erhaltene Lösung von schwefelsaurer Thonerde nicht mit schwefelsaurem Kali versetzt, sondern durch Blutlaugensalz (oder Mutterlauge desselben) vom Eisen befreit, soweit eindampft, daß sie beim Erkalten erstarrt, und dann ausgießt. Mohr fand diesen uneigentlich sogenannten Alaun wirklich vollkommen eisenfrei und nur aus 13,91 Thonerde 36,24 Schwefelsäure, 49,60 Wasser und 1,5 schwefelsaurem Kali zusammengesetzt, welches letztere von dem bekannten Kaligehalte des Thons herrührt. Diese Zusammensetzung entspricht genau einem Gemenge von 7,1 pCt. gemeinem Alaun und 92,9 pCt. neutral schwefelsaurer Thonerde ($= \text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{SO}_3 + 18\text{aq.}$). Man kann gegen diese Waare nur das einwenden, daß sie mit der so ausgebildeten Krystallform des gewöhnlichen Alauns auch das einfachste und natürlichste Kennzeichen ihrer äußeren Reinheit und Unverfälschtheit entbehrt. —

Vom Eisenvitriol.

Aus dem Vorhergehenden konnte man ersehen, daß die Alaunbildung aus Alaunerzen nur in untergeordneter Weise auftrat und lediglich eine Folge der Bildung von schwefelsaurem Eisenorydul war, welche mithin von der Anwesenheit der Alaunerde ganz unabhängig ist. In der That entsteht, wenn mineralische Massen von ähnlicher Art, wie Alaunerze, aber ganz frei von Thon, verwittern, natürlich keine schwefelsaure Thonerde, sondern nur schwefelsaures Eisenorydul. Dies ist wirklich die Grundlage der Vitriolsiedereien, welche somit viel mit den Alaunsiedereien gemein haben. Unter die Materialien der Vitriolsiedereien gehört nicht allein jene von Schwefel- oder Strahlkies durchdrungene Kohle, sondern auch Schwefelkies überhaupt, um so mehr, da manche weniger derbe Sorten, besonders die von verwirrter Krystallisation, wie der Strahlkies, von freien Stücken an feuchter Luft Sauerstoff aufnehmen und zu Vitriol verwittern. — Solche Erze werden behufs der Verwitterung gerade wie die Alaunerze zu langen Dämmen oder Haufen aufgefahren und — soweit es nicht von selber durch den Regen geschieht — stets durch aufgepumptes Wasser feucht erhalten. Die Flüssigkeit sammelt sich auf der wasserdichten Sohle des Haufens und fließt von da nach einem benachbarten Sumpf, um entweder versotten, wenn sie hinreichend mit Vitriol gesättigt ist, oder zurückgepumpt zu werden, wenn sie noch zu schwach.

Schwefelkiese, welche nicht freiwillig verwittern, wie die auf älteren Gebirgen, müssen zuvor durch Hitze zersetzt werden, entweder in geschlossenen Gefäßen oder mit Zutritt der Luft. Im ersten Fall entsteht Schwefel und Einfach- oder Achtsiebentel-Schwefeleisen bleibt im Rückstand, im zweiten Fall verbrennt jener sogleich zu schwefliger Säure, welche Einfach-Schwefeleisen mit mehr oder weniger Eisenvitriol hinterläßt. Diese Behandlung ist bereits S. 196. näher beschrieben worden, wo vom Schwefel und der Schwefelsäure die Rede war. Jene Rückstände, Schwefelbrände oder Abbrände genannt, verwittern sehr leicht und werden gerade so behandelt, wie Kiese, welche keiner vorläufigen Rö-

stung bedürfen. — Nach vollendeter Verwitterung muß aller Vitriol aus dem Erzrückstande, so weit es nicht schon durch den Regen oder das aufgepumpte Wasser geschehen, durch Auslaugen ausgezogen werden; der Vorgang ist derselbe, wie bei dem Alaunerz; auch das Versieden der Kohlauge hat viele Aehnlichkeit. Wenn man indessen eine Zeit lang gesotten hat, so nimmt der ausgeschiedene Gyps und das basisch schwefelsaure Eisenoryd so sehr überhand, daß man eine Klärung der Lauge vornehmen muß, ehe man nach diesem Versieden oder Rohsieden zum Gahr-sieden übergehen kann. Schon in den Kohlauge-Behältern, besonders aber in den Siedepfannen und Läuterkästen (worin sich der Schlamm absetzt) pflegen die Arbeiter altes Eisen zuzusetzen. Dadurch wird theils vermöge der Sättigung der freien Schwefelsäure, der Vitriolgehalt vermehrt, theils das gebildete Eisenoryd in der Auflösung zu Drydul reducirt (Fe_2O_3 und $\text{Fe} = 3\text{FeO}$), theils aber auch, was in allen Fällen wichtig ist, wo die Lauge zugleich Kupfervitriol enthält, Kupfer metallisch niedergeschlagen, indem Eisen an die Stelle tritt. Auf diesem Verhalten, welches man auch wohl benutzt, um aus kupfervitriolhaltigen Wassern Kupfer (Cementkupfer) und Eisenvitriol zu gewinnen, beruht also eine Reinigung des Vitriols von einem zuweilen schädlichen Gemengtheil, der durch bloße Krystallisation nicht getrennt werden kann. —

Wenn sich in den Läuterkästen der Schlamm zu Boden gesetzt und vorkommenden Falls das Kupfer abgeschieden, so wird die klare Lauge wieder in die Pfannen zurückgebracht und gahr (bis zum Krystallisationspunkt) gesotten und ganz so in den Wackskästen, in welche man Stäbe oder Strohhalm zum Anschließen hingestellt, wie schon S. 475. beschrieben worden. —

Die Mutterlauge kann entweder ein zweites Mal beim Eindampfen zugesetzt werden, oder damit auch unmittelbar zur Darstellung von Englisch Roth, wenn man sie nicht auf unreinen Vitriol zur Gewinnung von rauchender Schwefelsäure (S. 208.) verarbeitet.

Zuweilen ist die Verwitterung in zufälligen Anhäufungen von Schwefelkies vor sich gegangen, so daß man dieselbe gar nicht mehr künstlich einzuleiten braucht. Im Rammelsberg bei Goslar z. B. sind in früheren Zeiten die nichtschmelzwürdigen Erze, welche fast nur aus Schwefelkies bestehen, zur Ausfüllung der abgebauten Grubenräume benutzt worden und sind durch Verwitterung nach und nach zu einer festen Masse, dem sogenannten »alten Mann«, zusammengebacken. In Goslar gewinnt man daraus durch bloßes Auslaugen und Eindampfen Vitriol. —

Der Eisenvitriol bildet blaßgrüne, wohlausgebildete Krystalle, welche 7 Äquivalente Wasser enthalten. So wie sie im Großen gewonnen werden, sind sie niemals rein; obgleich nämlich das neutrale schwefelsaure Eisenoryd und die schwefelsaure Thonerde wegen ihrer großen Löslichkeit in der Mutterlauge verbleiben, so schießen doch andere schwefelsaure Salze leicht mit dem Vitriol an; dahin gehören schwefelsaures Kupfer-, Zink- und Zinnoryd, wenn die Kiese die entsprechenden Schwefelmetalle, ferner schwefelsaurer Kalk und Bittererde, wenn die Erze diese Erden enthielten. Auch kommt zuweilen, in Folge eines Arsenikgehaltes der Kiese, arsenige Säure und durch eingeschlossene Mutterlauge auch Thonerde in dem Vitriol vor. Durch längeres Liegen werden die Krystalle durch

eine beginnende Verwitterung braun, indem sich basisch schwefelsaures Eisenoryd bildet. —

Der Eisenvitriol besitzt die Fähigkeit, mit dem schwefelsauren Kupferoryd (und Zinkoryd) vermöge des Isomorphismus in jedem beliebigen Verhältniß zu krystallisiren. Die Krystalle sind alsdann blaugrün und zwar um so mehr in's Blaue ziehend, je kupferreicher. Dahin gehören die Salzburger und Admonter Vitriole (doppelter Adler), welche insofern geschätzt werden, als der Kupfergehalt zu mehreren Zwecken nicht nur nicht schädlich, sondern sogar erwünscht ist. Wie man im entgegengesetzten Falle sich seiner entledigen kann, ist bereits angeführt worden.

Aus sauren Laugen krystallisirt (wie der schwedische und englische) sind die Vitriolkrystalle mehr grünblau als grün, oft mit weißem oder gelbem Mehl bedeckt; aus neutralen Laugen (wie die deutschen) schießt der Vitriol in trüben schmutziggrünen Krystallen an, welche besonders trocken bleiben, während andere Vitriole, wie der Muskauer, aus eisenorydreichen Laugen gewonnen, damit stark verunreinigt sind und in Folge dessen stets feucht (fett) aussehen. —

Dritte Gruppe.

Die Thonwaaren.

Vom Thone.

Unter den verschiedenen auf das Urgebirge gefolgten Bildungen der Erdrinde, treten gewisse erdige Massen häufig in sehr großer Ausdehnung auf, welche vorzugsweise Kiesel- und Thonerde, theils chemisch gebunden, theils mechanisch gemengt in Begleitung anderer, mehr außerwesentlicher Mineraltheile enthalten. Sie zeichnen sich durch eine sehr feine Zertheilung und sehr geringen Zusammenhang ihrer Theile aus. Diesem Umstande verdanken »die Thone« die wichtigste ihrer Eigenschaft, ihre Bildsamkeit (Plasticität), d. h. die Eigenschaft mit Wasser einen Teig zu bilden, der weich genug ist, um sich in die feinsten Vertiefungen einer Form zu schmiegen, und so frei von Elasticität, daß er jeden empfangenen Eindruck unverrückt beibehält.

Bei weitem die meisten Thone haben sich mit so vielen, ihrem Ursprunge fremden Stoffen gemengt, oder sind von vornherein aus so zusammengesetzten Felsarten hervorgegangen, oder sind endlich vom Wasser dem Ort ihrer Entstehung so ganz und gar entrückt worden, daß es beinahe für den Forscher unmöglich ist, rückwärts den Weg ihrer Bildung bis an den Ursprung zu entschleiern. Wenn man daher auch im Allgemeinen die Thone als die Reste von gewissen Felsarten erkannt hat, welche durch verschiedene (meist atmosphärische) Einwirkungen zersezt wurden, wie sie gewöhnlich unter dem Namen »Verwitterung« begriffen sind, so sind doch der Fälle verhältnißmäßig nur wenige, wo man einen Thon unter einfacheren Verhältnissen entsprungen und an dem Ort seiner Entstehung unangetastet, so zu sagen ertappt hat, um seinen Ursprung in den Einzelheiten aus den unverwischten Merkmalen desselben noch chemisch entziffern zu können. Dies ist der Fall mit den sogenannten Kaolinen, Thonen, die sich noch auf ursprünglicher Lagerstätte in der Umgebung der Gesteine finden, aus denen sie entstanden sind, und ebenso sehr den Geologen als den Gewerbsmann interessiren; diesen, weil sie für die Verfertigung des Porzellans das vornehmste Material abgeben; jenen, als Thon in der reinsten und ursprünglichsten Form, gleichsam als Prototypen aller Thone. In der That hat sich denn auch die

Wissenschaft mit Nachdruck und Erfolg des überaus schwierigen, eine eiserne Ausdauer erheischenden Studiums der Kaoline bemächtigt.

Es ergab sich zunächst, daß alle Kaoline durch Verwitterung von Mineralien aus der Klasse der Feldspathe oder verwandter Arten, wie Spodumen, Porzellanspath u. entstanden sind, welche bekanntlich als Gemengtheile, gerade der verbreitetsten Felsarten: des Granites, Gneusses, Syenites, der Porphyre u. so häufig auftreten. Die Feldspathe sind aber Verbindungen eines neutralen Thonerdesilicates (worin ein Theil der Thonerde zuweilen durch Eisenoryd vertreten ist) mit dem Silicat einer Base, deren Stelle bald durch Kali, bald Natron, bald Kalk, bald durch Bittererde u., entweder einzeln oder mehrere zusammen genommen, ausgefüllt wird, nach dem allgemeinen Ausdruck $M_2 O_3, 3 SiO_3 + MO, SiO_3$, worin M 1 Aeq. der bekannten metallischen Grundlagen bezeichnet.

Alle Kaoline enthalten nun neben dem eigentlichen Thonbestandtheil (dem plastischen, wie man ihn gewöhnlich nennt) — einer Verbindung von Kiesel-erde, Thonerde und Wasser, welche die eigentliche Grundlage der Thone überhaupt ist — noch unzersehte Gesteintrümmer, nebst Silicaten der Erden (Bittererde, Kalkerde) und freie Kiesel-erde, welche sich mechanisch, also z. B. durch Schläm- men nur sehr unvollständig von einander trennen lassen. — Jene Gesteintrüm- mer können zum Theil solche sein, welche der Kaolinbildung zwar fähig, aber noch nicht unterlegen sind (Feldspaththeile z. B., wovon in dem Kaolin von Limoges gegen 16 pCt.), oder auch andere, welche derselben unfähig, folglich damit in keinem Zusammenhange stehen und aus dem Muttergestein mit dem Kaolin gerade so hinterblieben sind, wie der größte Theil der Kiesel-erde, welcher sich darin als Sand vorfindet, und in der Felsart in Gestalt von Quarzkörnern eingesprenzt enthalten war. Abgesehen von diesem, dem überwiegenden Anthelle Kiesel-erde, welcher in gewöhnlicher Weise auf nassem Wege nicht aufgelöst wer- den kann, enthält der Kaolin noch einen andern Antheil von ganz verschiedenem Ursprung. Dieser letztere stammt nämlich von den Silicaten der stärkeren Basen (nicht der Thonerde) her, welche in Folge der Verwitterung selbst entstehen und eine gewisse Menge ihrer Kiesel-erde durch stärkere Säuren verlieren. Kiesel-erde in dieser Art abgeschieden, unterscheidet sich bekanntlich immer durch ihre Lös- lichkeit.

Bei der Untersuchung eines Kaolins muß daher zuerst die lösliche Kiesel-erde beseitigt werden, weil man sie bei dem weiteren Verlauf sonst nicht mehr von derjenigen unterscheiden kann, welche wirklich an Thonerde gebunden ist. Zu dem Ende genügt es, den Kaolin 1 bis $1\frac{1}{2}$ Minuten mit einer Kalilauge von 1,075 specif. Gew. (von 20 pCt. Kali) kochen zu lassen (Bogniart u. Malaguti). Aus dem Rückstand endlich kann der Gehalt an wahren Thon vollkommen ausgezo- gen werden, wenn man ihn nacheinander erst mit Schwefelsäure, dann mit Aetkali kocht. Alsdann nimmt die Schwefelsäure zuerst die Thonerde (mit Spuren von Kiesel-erde) auf und hinterläßt die abgeschiedene Kiesel-erde in einem Zustande, worin sie leicht von Kalilauge gelöst wird. Mittels dieses Verfahrens erhält man — während die unzersehten Theile zusammen als Rückstand bleiben — in der Kalilauge die Kiesel-erde, in der Schwefelsäure die Thonerde (nebst anderen Erden, wenn solche da sind, und den Alkalien), welche zusammen die dem Kaolin zu

Grunde liegende Thonverbindung ausmachen. Sie ist für die überwiegende Mehrzahl der Kaoline = $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_3 + 2\text{aq.}$ Die Vergleichung dieser Zusammensetzung mit der des Feldspathes giebt nun von selbst den chemischen Verlauf der Kaolinbildung zu erkennen. Denn, der

Feldspath . . . = $\text{Al}_2\text{O}_3 + 4\text{SiO}_3 + \text{KO}$ zerfällt alsdann

in Kaolinthon . = $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_3$ und in ein unlösliches

Kalifilicat . . . = $3\text{SiO}_3 + \text{KO}$ wenn der Feldspath kalihaltig, oder Natronsilicat = $3\text{SiO}_3 + \text{NaO}$, wenn er natronhaltig war. Diese Silicate unterliegen derselben zersetzenden Kraft noch weiter; das letztere giebt SiO_3 ab und wird zu löslichem NaO , 2SiO_3 , während von 3 Aeq. des ersteren = 3KO , 9SiO_3 ebenso viel Kiesel Erde austritt und 3KO , 8SiO_3 entsteht. Es ist bemerkenswerth, daß 3KO , 8SiO_3 die Zusammensetzung des Kali-Wasserglases ist.

Das lösliche Silikat $\text{NaO}, 2\text{SiO}_3$ ist von Forchhammer z. B. in dem Wasser des Geysers auf Island nachgewiesen worden. Beide alkalische Silicate werden wegen ihrer Löslichkeit von Wasser fortgeführt und auf mannichfache Weise zersetzt, wodurch u. a. die Opale, der Kiefelschiefer etc. entstanden sind. Wenn der Feldspath alkalische Erden enthält, so werden diese meist wieder in dem Kaolin gefunden, wie die Analysen (s. u.) ergeben. Man kennt bis jetzt mehrere Ursachen der Feldspath-Verwitterung, außer dem unmittelbaren Einfluß der Atmosphäre: so fand Forchhammer, daß derselbe durch Wasserdampf von 222°C. (entsprechend 23 Atmosph. Druck) wirklich zersetzt wird und an das Wasser deutlich Alkali (=silicat) abgiebt; auch haben Malaguti und Brogniart nachgewiesen, daß unter dem Einfluß des galvanischen Stromes dasselbe geschieht.

Aus dieser Zersetzung und Bildungsweise erkennt man denn auch die Ursache der großen Verschiedenheit, nicht allein der Kaoline überhaupt, sondern auch der Wandelbarkeit in der Zusammensetzung des Kaolins von einem und demselben Lager, je nach der Stelle, der er entnommen, und je nach seinem Alter. Jener Antheil löslicher Kiesel Erde wird nämlich um so mehr von dem Wasser aufgelöst und fortgeführt, je leichter das Wasser Zugang und Abfluß hat, und je mehr ihm Zeit zur Einwirkung gestattet war. So fand Berthier in dem thonigen Theil des Kaolins von Limoges 43 pCt. Kiesel Erde und 40 pCt. Thonerde; Brogniart und Malaguti aber in demselben Kaolin von einem späteren Jahrgang 42 pCt. Kiesel- und 34,6 Thonerde. Nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse von 31, von Brogniart und Malaguti ausgeführten Analysen in Procenten angegeben. —

Nichtplastischer Theil						Plastischer Theil			
Nr.	Gesteinsrückstand, unlöslich in Kali u. Säure	Kali, Magnesia, Kali	Kali, Magnesia, Natron	Eisen und Mangan	Kieselerde,		Thonerde	Wasser	Formel des plastischen Theils für sich
					durch Kali ab-scheidbar	an Thonerde ge-bunden			
1	9,76	1,33	—	Spur	10,98	31,09	34,65	12,17	$\text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2 + 2\text{aq.}$
2	8,96	1,80	—	"	2,67	37,24	36,37	12,94	Desgl.
3	24,87	1,56	—	"	7,79	25,14	29,88	10,73	Desgl.
4	4,30	1,55	—	"	10,19	34,07	36,81	12,74	Desgl.
5	48,00	—	—	1,23	6,62	17,32	21,14	7,42	Desgl.
6	4,50	2,85	Spuren	0,56	9,71	36,77	37,38	12,83	Desgl.
7	26,42	1,13	—	Spur	7,13	25,35	29,45	10,50	Desgl.
8	34,44	1,57	—	"	7,17	21,44	25,75	9,60	Desgl.
9	18,00	0,69	—	"	1,76	34,22	34,12	11,01	Desgl.
10	12,33	0,60	Spur Natr.	"	9,10	31,68	34,16	12,10	Desgl.
11	43,84	fein Kali	—	"	4,44	21,66	22,50	7,55	Desgl.
12	0,74	0,95	—	"	2,40	41,72	40,61	13,56	Desgl.
13	13,36	0,54	0,93	—	7,04	31,53	34,99	12,52	Desgl.
14	0,11	—	—	—	3,72	36,90	43,93	14,62	Desgl.
15	5,64	0,88	—	Spur	6,48	36,77	37,38	12,83	Desgl.
16	34,99	—	—	—	9,39	20,34	25,59	8,94	Desgl.
17	33,52	0,71	—	Spur	1,82	27,60	25,00	9,80	$4\text{Al}_2\text{O}_3, 5\text{SiO}_2 + 8\text{aq.}$
18	9,67	1,39	—	"	2,43	39,88	34,51	12,09	$3\text{Al}_2\text{O}_3, 4\text{SiO}_2 + 6\text{aq.}$
19	28,63	1,13	—	"	4,95	29,03	26,66	9,55	Desgl.
20	8,14	3,21	—	"	1,16	43,87	32,24	11,36	$2\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{SiO}_2 + 4\text{aq.}$
21	19,65	0,60	Spur Natr.	"	1,27	45,36	24,06	8,74	$\text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2 + 2\text{aq.}$
22	27,50	3,98	—	1,31	0,67	38,48	20,92	7,26	Desgl.
23	50,40	1,83	—	0,56	1,00	25,67	15,17	5,22	Desgl.
24	22,81	1,14	0,72	Spur	12,23	20,46	35,01	12,12	$3\text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2 + 6\text{aq.}$
25	—	—	0,50	"	14,37*)	28,75	33,00	23,00	$\text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2 + 4\text{aq.}$
26	42,00	1,24	—	0,48	9,07	18,15	20,00	9,03	$2\text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2 + \text{aq.}$
27	24,64	6,33	—	Spur	—	37,07	25,28	6,64	$2\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{SiO}_2 + 2\text{aq.}$
28	68,18	3,08 (Kali)	—	0,43	—	13,72	9,80	2,62	$2\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{SiO}_2 + 3\text{aq.}$
29	24,64	4,32	—	3,37	5,09	30,52	22,33	9,70	$2\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{SiO}_2 + 5\text{aq.}$
30	5,53	1,80	—	Spur	?	45,07	38,15	9,69	$2\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{SiO}_2 + 3\text{aq.}$
31	—	—	0,68	"	7,32	21,98	47,83	22,23	$4\text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2 + 11\text{aq.}$

*) Bei dieser und den folgenden Nummern ist die Menge der durch Kali ab-scheidbaren Kieselerde von den beiden Analytikern nicht angegeben und daher in der Tabelle dieser Mangel durch Berechnung aus der Formel ergänzt worden.

Die Fundorte dieser Kaoline sind:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1) St. Vrieur bei Limoges | 9) Aue bei Schneeberg |
| 2) Clos de Madame (D. Allier) | 10) Sedlitz bei Meissen |
| 3) Chabrol (D. Puy de Dôme) | 11) Morl bei Halle |
| 4) Plymton (Devonshire) | 12) Münchshof bei Karlsbad |
| 5) Bourgmanero (Piemont) | 13) Insel Bornholm (Schweden) |
| 6) Rama bei Passau | 14) Porto in Portugal |
| 7) Auerbach " " | 15) Sargabelos in Galizien |
| 8) Diendorf " " | 16) Newcastle (Delaware) |

Wenn man die obigen Ausdrücke für die Zusammensetzung der Kaoline, etwa wie in der folgenden Zusammenstellung, auf gleichviel Thonerde berechnet, so springen die allgemeinen Beziehungen, unter denen die Glieder zu einander stehen, deutlicher in die Augen; man hat alsdann:

Nr. 1 bis 16.	= 24 Aeq. Kiesel-erde	+ 24 Aeq. Thonerde	+ 48 Aeq. Wasser.
Nr. 17.	= 30 „	„	+ 24 „
Nr. 18 u. 19.	= 32 „	„	+ 24 „
Nr. 20.	= 36 „	„	+ 24 „
Nr. 21, 22, 23.	= 48 „	„	+ 24 „
Nr. 24.	= 16 „	„	+ 24 „
Nr. 25.	= 24 „	„	+ 24 „
Nr. 26.	= 24 „	„	+ 24 „
Nr. 29.	= 36 „	„	+ 24 „
Nr. 27.	= 36 „	„	+ 24 „
Nr. 28 bis 30.	= 36 „	„	+ 24 „
Nr. 31.	= 12 „	„	+ 24 „

woraus man sieht, daß 18 Arten wirklich Al_2O_3 , SiO_3 (d. h. gleichviel Aeq. Kiesel- und Thonerde) enthalten, wie oben als allgemeiner Ausdruck für die Kaoline angegeben worden, und daß die übrigen einen Ueberschuß von Kiesel-erde führen, der entweder in einer wahrhaft verschiedenen Zusammensetzung, folglich auch Bildungsweise beruht, oder wie wahrscheinlicher, nur zufällig ist und von einer mangelhaften Einwirkung eines Mittels herrührt, welches so schwer zu handhaben ist, wie Alkali gegen Kaolin. Gesezt die erstere von beiden Annahmen sei die richtige, so könnte die Bildungsweise der Kaoline doch nur in dem, gleichzeitig damit aus dem Feldspath entspringenden Kalisilicate verschieden sein, dessen Zusammensetzung von KO , 3SiO_3 (s. o.) sich mehr oder weniger entfernen würde. Zieht man z. B.

von dem Feldspath (2 Aeq.) $= 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{KO} + 8\text{SiO}_3$ das Verhältniß der Kaoline Nr. 27 bis 30, $= 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{SiO}_3 (= 24\text{Al}_2\text{O}_3 + 36\text{SiO}_3)$ ab, so bleibt das Kalisilicat $= 2\text{KO}, 5\text{SiO}_3 (= \text{KO}, 2\frac{1}{2}\text{SiO}_3)$.

Nur in zwei Arten (Nr. 24 u. 31) ist die Anzahl der Aequivalente der Kiesel-erde kleiner, als die der Thonerde; in ähnlicher Weise mit dem Feldspath verglichen wie die vorherigen, ergibt sich, daß die mit ihnen auftretenden Kalisilicate gewesen sein müssen: bei dem ersten 3KO , 10SiO_3 , bei dem zweiten 2KO , 7SiO_3 .

Endlich ist es bemerkenswerth, daß in 24 Fällen das Wasser zur Thonerde im Verhältniß $= 2$ Aeq. zu 1 Aeq. steht; in den übrigen findet sich mehr Wasser, nur in einem Fall (Nr. 26) weniger.

- 17) Kaschna bei Meissen.
- 18) Pleur bei Cherbourg.
- 19) Zettig bei Carlsbad.
- 20) Chleß auf Elba.
- 21) Breage, Cornwallis.
- 22) Schletta bei Meissen.
- 23) Brinzdorf in Ungarn.
- 24) Wilmington (Delaware).

- 25) Leuhossia bei Bayonne.
- 26) Mercus (Dep. Arriège).
- 27) Tretto bei Schio.
- 28) China.
- 29) Reude (Dep. Lozère).
- 30) Sosa bei Johannegeorgenstadt.
- 31) Nijanski in Rußland.

Die früheren Analytiker (Fuchs, Forchhammer, Berthier), welche nicht wie Brogniart und Malaguti die lösliche Kiesel-erde durch Kalilauge zuvor abzuschcheiden suchten, wurden bei der Mehrzahl der Kaoline auf die Zusammensetzung $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_3$, 6 aq. geführt, welche, wie man sieht, nur 1 Aeq. Kiesel-erde mehr umfaßt, als die oben angegebenen. Dieselben beiden Forscher haben bei mehreren Gelegenheiten, wo man auf's Entscheidendste und Augenscheinlichste das feldspathartige Mineral nachweisen konnte, welches den Kaolin geliefert hatte, vergleichende Analysen angestellt, wodurch dasjenige für den einzelnen Fall zur Erfahrungssache wird, was oben mehr allgemein und als Ansicht hervorgehoben worden. So fanden sie:

B. im Feldspath von Halle in 100 Theilen

Kiesel-erde. Thonerde. Kali. Bittererde. Kalk.

62,76 + 19,20 + 14,90 + 0,18 + 0,46; zieht man

davon ab: $\text{KO}, 3\text{SiO}_3 = 43,95 + 14,90$, so bleibt

übrig . . . = 18,81 + 19,20 0,18 + 0,46 für den Kaolin, welcher in der Analyse gab 18,48 + 19,20 + kleine Mengen Kalk und Bittererde. —

Wenn man ferner von dem Feldspath von Sargadelos, in 100 Theilen = 62,00 + 19,48 + 15,72 + 0,12 + 0,35 abzieht den entsprechenden Kaolin = 19,16 + 19,48 + 0,45 so bleibt

übrig . . . 42,84 + 15,72 mit einem Sauerstoffgehalt von 22,13 und 2,58, also ein Silicat mit

$\frac{22,13}{3 \times 2,58} = 2,86$ Aeq. Kiesel-erde auf 1 Aeq. Kali, oder $\text{KO}, 3\text{SiO}_3$, wie es die obige Erklärungsweise verlangt. — Als ein weiterer Beweis für die Entstehung des Kaolins aus Feldspath muß die Thatsache angesehen werden, daß Berthier in dem Kaolin von Limoges die Trümmer eines Gesteins durch Schlamm aufgefunden und durch die Analyse nachgewiesen, hat, daß es aus 4 Aeq. Kiesel-erde, 1 Aeq. Thonerde und 1 Aeq. Kali bestand, mithin Kalifeldspath war.

Der reine thonige Bestandtheil löst sich nicht in verdünnter Salz- oder Salpetersäure; bei anhaltendem Kochen des Thons mit Kalilauge dagegen bildet sich ein Doppelsilicat aus Thonerde und Kali, welches sich in um so stärkerem Grade löst, je mehr Kali man angewendet hat. Ganz ähnliche Erscheinungen treten ein, wenn man beide Körper durch Schmelzung auf einander einwirken läßt, die Masse giebt dann an Wasser mit dem Kali zugleich Thon- und Kiesel-erde ab und zwar um so mehr, je mehr das Kali betrug. Diese Löslichkeit, oder vielmehr Zerseßbarkeit durch Kali und Säure hat noch Statt, wenn man das Thonerdesilicat so weit erhitzt, daß es eben sein Wasser verliert, wird aber durch Glühen gänzlich vernichtet.

Die hervorstechendsten physikalischen Eigenschaften des reinen Thons sind: seine Bildsamkeit und sein Verhalten in der Hitze. Schon beim Trocknen, also noch lange vor Glühhitze, rücken seine Theilchen zusammen, die anfänglich entstandenen Poren werden enger, man erhält so eine bei gleichem Volum schwerere Masse, die so fest wird, daß sie keine Eindrücke mehr annimmt und ihre

ursprüngliche Form beibehält, dabei aber noch immer so weich ist, daß sie mit Leichtigkeit geschnitten werden kann und im Wasser wieder zu Thon mit seinen ursprünglichen Eigenschaften zerfällt. In der Glühhitze, selbst in der stärksten, welche man in der Praxis hervorbringen kann, geräth der Thon nicht in Fluß, sondern erweicht höchstens zu einiger Biegsamkeit. Dabei gewinnen seine Theile aber soviel Zusammenhang, daß die gebrannte Masse nach dem Erkalten hart und klingend erscheint und, wenn auch porös genug, um mit großer Festigkeit Wasser einzusaugen, doch nicht mehr darin zerfällt, sondern ihren unveränderten Zusammenhang behält. Während nun mit gesteigertem Hitzegrade die Poren immer enger werden und der gebrannte Thon mithin für gleichen Umfang an Gewicht (auch an Härte) zunimmt, so ist dies merkwürdiger Weise mit der Dichte der Masse an sich (abgesehen von den Poren) nicht mehr der Fall. Laurent hat dieses durch Wägungen mit Kaolin dargethan, der nach dem Trocknen oder Brennen gepulvert worden. Von einem Kaolin, welcher ausgesetzt war:

der Temperatur	100° C	150° C	300° C	der für die roth glüh- hitze.	lebhafter Nothglüh- hitze.	schwacher Weißglühhitze.	stärkerer
wog der G. 3. (gepulvert)	58 ^g ,58	39 ^g ,52	40 ^g ,61	42 ^g ,17	41 ^g ,24	39 ^g ,05	38 ^g ,74

woraus man sieht, wie die Dichte der Masse selbst, mit dem Anfange des Glühens ihren höchsten Punkt erreicht, um mit der Weißglühhitze wieder auf denselben Grad, wie nach dem Trocknen bei 100° Grad herabzukommen. Im Anfang verliert nämlich der Thon noch Wasser, also auch an absolutem Gewicht und zwar, nachdem er bei 150° Grad getrocknet war, noch $8\frac{1}{2}$ pCt. Von da an bleibt sich sein Gewicht gleich, aber in der Glühhitze treten andere Veränderungen ein: die Thontheilchen vermehren ihr Volum, daher die geringere Dichte derselben an sich. Sie nähern sich aber auch zu gleicher Zeit einander, woraus eine Verminderung der Zwischenräume und eine Vermehrung der Dichtigkeit des gebrannten Thons als Masse erfolgt, die sich in der Praxis als ein Verlust an Umfang zu erkennen giebt und die »Schwindung« heißt.

Wie leicht vorauszusehen ist, muß das Verhalten des Thons in beiden wichtigen Beziehungen wesentlichen Abweichungen unterliegen, wenn sich demselben fremde, an und für sich mit anderen Eigenschaften begabte Beimengungen zugesellen. Entweder sind solche fremde Stoffe nur die unverwitterten Trümmer der Gesteine, woraus der Thon selbst entstanden, nebst anderen, aber nicht zum eigentlichen Thon gehörigen Producten derselben Verwitterung. So z. B. die Feldspathreste und die freie Kieselsäure in den Kaolinen; ein ähnliches Verhältniß hat Forchhammer in einem weit verbreiteten gelben Thon in Dänemark sehr anschaulich mit Bezug auf seine Entstehung aus Granit nachgewiesen:

Der Granit enth.: Feldspath, Quarz, Glimmer, Magneteisen u. Titanorhyd, Cererde-Verbind.
 » Thon » Kaolin, Sand, Glimmer, Eisen- und Titanorhyd, Cererde-Verbind.
 es sind also hier dem thonigen, aus dem Feldspath entstandenen Theil: der

Quarz als Sand, der Glimmer als solcher (aber nicht in Blättern, sondern als feines unabslämmbares Pulver), das Magneteisen als Eisenoryd mit den Titan- und Cer-Verbindungen beigemengt geblieben. So ist es in der Regel der Fall mit den Thonen, die noch an derselben Stelle liegen, wo sie entstanden sind. Oder auch — der Thon ist von seiner ursprünglichen Lagerstätte durch Fluthungen aufgeschwemmt worden, welche natürlich alles dasjenige mitreißen, was ihnen unterwegs begegnet und in ähnlicher Weise aufschlammbar und beweglich ist. Wenn nun solche Wassermassen allmählig in Niederungen zc. in Ruhe kommen, so wird sich alsdann mit dem Thone Alles, was zur Zeit in Folge hinreichender Feinheit noch schweben bleiben konnte, mit dem Thon zugleich absetzen.

Je nach der Art und Natur der fremdartigen Einmengungen sind nun die Eigenschaften der natürlich vorkommenden Thonablagerungen verschieden (besonders für die gewerbliche Verwendung) und bedingen die so zahlreichen Arten der Thone. Unter den Beimengungen sind besonders charaktergebend: der Sand (Quarztheile, als Körner oder Pulver; Trümmer unzersehter Mineralien), Eisen, Kalk und Bittererde. — Enthält ein Thon einen für sich nicht bildsamen Gemengtheil, so wird seine eigene Bildsamkeit ebenso abnehmen, als die Menge desselben zunimmt. Am meisten schadet der Sand, etwas weniger der Kalk, weit weniger, oder kaum, das Eisenoryd der Bildsamkeit des Thons; man unterscheidet solche Thone als magere, oder im Gegentheil als fette. Nicht selten sind Thone durch Fluthungen, d. h. durch einen im Großen durch die Natur ausgeführten Schlammproceß, nicht nur nicht besonders verunreinigt, sondern sogar von den gröberen sandartigen Theilen befreit worden und haben dadurch einen viel höheren Grad von Bildsamkeit unbeschadet der Feuerfestigkeit und Farbe erreicht. Ist endlich ein Thon eisenhaltig (eischüssig) oder kalkhaltig, so kann sein Verhalten im Feuer nicht mehr dasselbe sein, denn seine Kiesel-, Thon-, Kalkerde und sein Eisenoryd bilden zusammen ein, dem für Flaschenglas ähnliches Gemisch, welches je nach der Menge der beiden letzteren, schwerer oder leichter im Feuer zusammenfließt. Weniger trägt dazu die Bittererde (s. oben) bei; um so mehr Quarz- und Kieselerdtheile ein Thon führt, um so weniger wird er schmelzbar sein, dergestalt, daß die Nachtheile eines Eisen- oder Kalkgehaltes, in dieser Beziehung wenigstens, wieder ausgeglichen werden können. Darnach scheiden sich die feuerfesten von den schmelzbaren Thonen; doch ist der Begriff des feuerfesten in der Ausübung meist nicht in der ganzen Strenge, sondern häufig beziehungsweise zu dem betreffenden Hitzgrade zu nehmen. — Bei dem Brennen schmelzbarer Thone muß also, um das Zusammenfließen zu vermeiden, auf den passenden Hitzgrad Rücksicht genommen werden. Sie können niemals bei so hohen Temperaturen gebrannt werden, wie feuerfeste. Eischüssige Thone sind nach dem Brennen entweder gelb, wenn sie wenig, oder roth, wenn sie mehr davon enthalten. Meistens macht sich das Eisen (wenn es als Dryd vorhanden) schon im frischen Thon durch die Farbe bemerklich. Viele Thonarten, besonders die sich aus Wasser abgesetzt haben, sind von einem organischen Stoff durchdrungen (vielleicht von Infusorien herrührend) und dadurch blau, blaugrau, schwarz zc. gefärbt. Solche Färbungen schaden nicht, weil sich die Thone dennoch — in Folge der Zerstörung jenes Stoffs durch Feuer — weiß brennen. Aehn-

liches gilt für diejenigen Thone, welche an der Erdoberfläche abgelagert, mit dem Pflanzenwuchs in Berührung kommen. Nur eingemengte Wurzel- oder Holzstücke u. dgl. schaden, weil sie im Feuer eine Lücke hinterlassen und öfter die Thonmasse durch die Entwicklung von Dämpfen und Gasen zerreißen machen.

Bogniart hat die Thone in technischer Beziehung sehr passend in: feuerfeste, schmelzbare, kalkige und ockrige eingetheilt. Die kalkigen sind diejenigen, welche — vermöge eines bedeutenderen Gehaltes an kohlensauren Erden, besonders Kalk — mit Säuren lebhaft aufbrausen; die ockrigen, die sich durch einen hohen Gehalt von Eisenoryd (braunrothe Farbe) auszeichnen: Benennungen, welche nur auf das Vorwiegen der einen, nicht aber auf die wirkliche Abwesenheit aller übrigen Eigenschaft begründet sind.

Zu den feuerfesten Thonen gehören:

1) Der Kaolin oder Porzellanerde. Erdige, rein-, grau- oder milchweiße, zerreibliche Masse, mit Feldspath-, auch Quarztrümmern und Stücken untermengt. Sie kommt auf feldspathreichen, aber glimmerarmen Graniten, auf Porphyrn und jüngeren feldspathführenden Formationen vor. Er ist das wichtigste Material für die Porzellanverfertigung. Die bekanntesten Lager sind: Sedlitz bei Meissen, Morl bei Halle im Saalkreis, Dbernzell und Diendorf bei Passau, St. Yrieux bei Limoges (Dep. Nièvre), St. Austie in Cornwallis, in China und Japan. — Brennt sich vollkommen weiß. Da in den vorhergehenden Analysen des Kaolins die beigemengten Feldspaththeile (der Rückstand) nicht berücksichtigt sind, diese jedoch ebenso gut in das Porzellan eingehen, als der thonige Antheil, so mögen noch einige Analysen im Ganzen hier eine Stelle finden.

Die Kaoline von: nach:	in 100 Theilen enthalten:				
	St. Yrieux Berthier.	Aue *) Kühn.	Passau Fuchs.	Halle Bley.	St. Tropez
Kieselerde	47,09	47,64	43,65	39,62	55,8
Thonerde	36,41	35,97	35,93	45,00	26,0
Kali	1,56	—	—	—	8,2
Bittererde	2,94	—	—	3,32	0,5
Kalkerde	—	1,57	0,88	0,07	—
Eisenoryd	—	—	1,00	—	1,8
Manganoryd	—	—	—	0,19	—
Wasser	12,00	13,18	18,50	10,00	7,2

In England wird außer dem Kaolin, noch eine Art Granit mit halbverwittertem Feldspath, also ein unvollkommener Kaolin, der z. B. zu Tregoninghill

*) Das Lager von Aue bei Schneeberg ist nunmehr erschöpft.

bei Hellstone vorkommt, benutzt und in den Handel gebracht. Eine andere, dem Kaolin zunächst verwandte Masse, die sich zu Houscha bei Bayonne in großer Masse findet und häufig den Porzellanfabriken angeboten wird, ist von Berthier als Halloisit und Zersetzungsgesamtes des Pegmatits erkannt worden. Sie bildet eine zusammenhängende, ziemlich weiche, leicht zerdrückbare, mattweiße undurchsichtige Masse, welche mit Wasser keinen Teig giebt, also nicht plastisch ist. Berthier fand darin:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Kieselerde} \dots 43,6 \dots 3 \text{ Aeq.} \\ \text{Thonerde} \dots 32,4 \dots 2 \text{ —} \\ \text{Wasser} \dots 23,0 \dots 8 \text{ —} \end{array} \right\} = 2 \text{ Al}_2\text{O}_3, 3 \text{ SiO}_3 + 8 \text{ aq.}$$

99,0

2) Der Pfeifenthon (plastische Thon) von verschiedener Farbe, sehr zähe, im höchsten Grade bildsam, im Feuer sich weiß, zuweilen auch wegen eines kleinen Eisengehaltes gelbbrennend. Er wird zu Steingut, irdenen Pfeifen, Fayence u. gebraucht und findet sich in sehr bedeutenden Massen, aber nicht mehr auf seiner ursprünglichen Lagerstätte. Die Lager am Niederrhein (Köln, Coblenz), bei Halle, von Devonshire und Stourbridge in England, von Dreux und Forges-les-Eaux in Frankreich sind die bekannteren. Aus den folgenden Analysen ersieht man, daß diese Thone im Ganzen wenig Eisen und fremde Erden enthalten:

	Großall- merode	Straßburg	Stour- bridge	Forges- les Eaux	Devon- shire	Coteau de Prairie (Nordamerika)
	Forchhammer	Berthier	Berthier	Berthier	Berthier	Catlin
Kieselerde .	15,906	66,7	63,7	52,0	49,6	48,2
Thonerde . .	11,170	18,2	20,7	27,0	57,4	28,2
Kalkerde } Bittererde }	3,504	— 0,6	— —	— —	— —	2,6 6,0
Kali . . .	0,786	—	—	—	—	—
Wasser . .	4,119	12,0	10,0	19,0	11,2	—
Eisenoryd .	—	1,6	4,5	2,0	—	5,0
Manganoryd	—	—	—	—	—	0,6
Rückstand .	64,030	—	—	—	—	—

Ueber die Zusammensetzung des thonigen Bestandtheils indessen läßt sich daraus kein Schluß ziehen, insofern man ungewiß bleibt, wieviel Kieselerde frei, wieviel gebunden ist u. und der durch Schwefelsäure unzersehbare Rückstand nur in einem Falle gesondert wurde. Daher denn auch die große Abweichung im Verhältniß der Kieselerde zur Thonerde, welches nach derselben Reihenfolge 3:1, 4:1, 3:1, 2:1, 1:1 und 2:1 Aeq. ist. — Der Pfeifenthon brennt sich ebenfalls weiß.

Zu den schmelzbaren Thonen gehören:

1) Der (gemeine) Löpferthon, zur Anfertigung der gewöhnlichen Löpferwaaren dienend. Zertheilt sich noch leichter in Wasser, als der Pfeifenthon,

und ist ebenso bildsam als dieser, unterscheidet sich aber durch einen sehr bemerklichen Eisengehalt und das Vorhandensein von Kalk. Er brauset daher mit Säuren auf, aber schwach und wenig anhaltend. Die Farbe des frischen Thons ist meist roth oder braunroth, oft wegen ungleichartiger, ineinander gemengter Schichten lunt (z. B. weiß und roth); er erscheint überhaupt weniger homogen als der Pfeifenthon, viel organische Reste, Steinstücke, auch Eisenkies einschließend und nach der Vertlichkeit sehr in seiner Beschaffenheit wechselnd, bald fett bald mager. Der Töpferthon brennt sich in Folge der Anwesenheit von Eisenoxyd immer gelb oder roth und schmilzt je nach der Menge dieses und des Kalkes mehr oder weniger leicht zu einer dunkeln, glasigen Schlacke. Es fanden z. B.

	im Töpferthon von	Kieselerde	Thonerde	Eisen	Kalk
Aubert	Provins (D. Seine u. Marne)	57	37	4	1,7
Berthier	Livernon (D. Lot) . .	60	30	7,6	2,4
Laurent	Helsingborg	61	24	7,5	0,5

Darin ist das Verhältniß der Kiesel- zur Thonerde den Aequivalenten nach, wie 5 : 3 wie 2 : 1 und 5 : 2.

2) Unter dem Namen der Walkelerde ist eine Art von schmelzbarem Thon bekannt, der, wie der Name angiebt, zum Walken der Tücher gebraucht wird und sich von dem Töpferthon — wahrscheinlich eine Folge seines Magnesiagehaltes — durch eine geringe Bildsamkeit unterscheidet, obgleich er ebenso leicht zu einem ebenso zarten Brei in Wasser zerfällt. Seine Farbe zieht aus dem Gelben in's Graugrüne. Er soll durch Verwitterung des Diorites und Dioritschiefers entstehen.

Unter den kalkigen Thonen sind bemerkenswerth:

1) Die Mergel. Unter dieser Benennung pflegt man diejenigen Ablagerungen zu begreifen, welche gleichzeitig Thon und kohlen sauren Kalk enthalten und zwar den letzteren schon in sehr bemerklicher Menge. Es sind dies mechanische Gemenge, welche alle Uebergänge von den Kalk- zu den Thonbildungen umfassen, und daher in allen denkbaren Verhältnissen aus diesen beiden charaktergebenden Bestandtheilen gemengt sind. Diejenigen, worin der Kalk überwiegt, unterscheidet man als Kalkmergel, die übrigen mit vorwaltendem Thongehalt, als Thonmergel. Die Mergelarten überhaupt sind bekanntlich als der fruchtbarste Boden für die Landwirthschaft von besonderer Wichtigkeit. Die Thonmergel insbesondere werden zu manchen Töpferwaaren, z. B. zu Fayence gebraucht; sie brausen mit Säuren stark auf, bilden meist sehr ausgebehnte, schieferartig geschichtete Lagen einer derben, aber weichen, meist zerreiblichen Masse von unebenem, flachmuschligen Bruch und grauer, in's Röthliche ziehenden Farbe, welche im Wasser leicht zerfällt und wenig bildsam ist. Der Thonmergel ist ungleichartig in der Masse, schließt häufig harte, kalk- oder kieselreichere Nieren ein; zerfällt an der Luft allmählig zu Mergelerde und gehört unter die verbreitetsten Thonarten. Folgende Analysen charakterisiren ihn hinlänglich in Betreff seiner Mischungsverhältnisse:

Fundort	Kiesel- erde	Thoner- de	Eisenor- yd	Kohlen- kalk	Kohlen- Bitter- erde	Alkali	Analytiker
Abydos . . .	52,00	16,17	6,15	13,97	Spur	Spur	Salvétat
Bonnefonds . .	40,00	13,21	2,04	34,12	0,15	"	"
Belleville . . .	46,03	17,28	5,70	27,64	—	—	Buiffon
Chambray . . .	49,50	29,00	3,00	18,00	0,50	Spur	Laurent
Savone	37,00	11,00	6,50	55,00	—	—	Buiffon
Biroslay . . .	39,00	18,00	1,00	40,00	—	Spur	Lecoq
Willom	30,00	20,00	2,00	46,00	—	"	"

In der Regel ist ein kleiner Antheil des Kalkes in dem Mergel an Kiesel-erde gebunden.

2) Der Lehm, der gemeinste und unreinste Thon, von jüngster Bildung, dem aufgeschwemmten Lande angehörig, weniger gleichartig, als eine der vorhergehenden Arten; Sand, Kollstücke, Steine und größere Blöcke, Holz, Wurzelstücke und Pflanzenreste aller Art führend. Seine Farbe ist gelb (fleckig und aberig) von Eisenorydhydrat; er enthält außerdem meist Kalk, doch weniger als der Mergel und ist weich und zerreiblich. Wasser saugt der Lehm stark ein und bildet einen zarten Brei, der sich aber weit weniger bildsam und fett verhält, als der Pfeifen- oder Töpferthon. Er findet sich fast allenthalben und ist das gewöhnliche Material für die Ziegelfbrennerei.

Zu den ockrigen Thonen gehören:

Die Röthel, der Bolus und der Dcker. Die beiden ersteren ver-
danken ihre rothe Farbe dem Eisenoryd, der letztere seine gelbe dem Hydrat desselben. Alle drei werden nicht wie die anderen Thone, sondern als Farbestoffe gebraucht. Zuweilen ist der Eisengehalt derselben so groß, daß sie als Eisenerze angesprochen werden können. —

Die Anfertigung der Thonwaaren aus den Thonen verschiedener Art beruht nun im Wesentlichen darin, daß man letzteren vermöge ihrer Bildsamkeit die geeignete Form giebt und nachher den geformten Gegenstand durch die Wirkung des Feuers in denjenigen Zustand versetzt, worin er eine steinartige, nicht mehr knetbare, noch biegsame Masse bildet, welche folglich ihre Gestalt für immer (außer durch Zerbrecben) beibehält. Begreiflicher Weise wird nun die Beschaffenheit der so erhaltenen Thonwaaren außerordentlich abweichen: je nach der Wahl des Thons, je nach der Vorbereitung und Reinigung, die man damit vorgenommen, je nach dem Hitzgrade, dem er ausgesetzt gewesen, und endlich je nach dem man ihn mit anderen Materialien verarbeitet hat, oder nicht. Die Verschiedenheiten, welche sich daraus ergeben, werden theils in der Gleichartigkeit und Farbe, theils in Gefüge, Bruch, Härte und Festigkeit, theils in dem Klange beim Anschlagen, theils in der Durchsichtigkeit und der chemischen Beschaffenheit liegen. So sind manche Thonwaaren in der Masse augenscheinlich ungleichartig, aus unvollkommen gemengten, verschiedenartigen Thonen bestehend, die oft noch von fremden Gemengtheilen, wie Steine u. s. w., durchsetzt sind (Backsteine,

Verschiedenheit u. Einheit der Thonwaaren.

Ziegel u. s. w.). Mit diesen haben viele andere, von übrigen homogener Beschaffenheit, das Eigenthümliche gemein, daß ihre Masse von einem porösen, undichten Gefüge, leicht rigbar, also weich, auf dem Bruche erdig, völlig undurchsichtig, und wenig oder dumpf klingend erscheint; dahin gehören neben den genannten, alles ordinäre Töpferzeug (des Alterthums, sowie unserer Zeit), und Fayence. Im Gegensatz dazu giebt es nun Waaren, bei denen die Masse durch heftiges Feuer ihre Porosität und die damit zusammenhängenden Eigenschaften verloren hat und bei einem dichten Gefüge eine bedeutende Härte, hellen Klang und etwas Durchscheinendheit zeigt, indem der Bruch eine Zusammenfinterung oder anfangende Schmelzung bezeugt: so das Steinzeug (Sauerwasserkrüge ic.). Dieselben Eigenschaften zeigt das Porzellan, aber aus anderen Gründen, nämlich durch eine dem Thone eingemengte, schmelzbare Verbindung, den Fluß. Um der Durchbringlichkeit der gebrannten Thonwaaren, oder der Rauhgigkeit der Oberfläche bei den nichtporösen zu begegnen, pflegt man sie häufig mit einem glasartigen Ueberzug zu versehen, Glasur, welcher bald ein Email (vgl. S. 454), bald durchsichtig; bald bleihaltig, leichtflüssig und weich, bald bleifrei, erdig, strengflüssig und hart ist; diese Glasur bildet zuweilen nur einen dünnen Anflug, öfter einen dickeren Ueberzug (sie verhält sich dann etwa wie Silberplattirung zur Versilberung). Daraus und aus der gänzlichen Abwesenheit der Glasur (Antike Gefäße, Kaminröhren, Blumentöpfe, Schmelztiegel, Backsteine, architekton. Ornamente ic.) entspringen neue Verschiedenheiten und im Ganzen die Gesichtspunkte für die folgende, dem Abschnitte über die Thonwaaren zu Grunde gelegte Gliederung:

A. Masse gleichsam geflossen, dicht, nicht mit dem Messer rigbar, feinkörnig, durchscheinend, sehr klingend, weiß, gleichartig

1) Porzellan:

a) Tritteporzellan, Masse leichtflüssig,

α. das englische, Flußmittel Knochenasche, Glasur blei- und boraxhaltig.

β. das französische, eine glasartige Masse, die keinen Thon enthält, mit ebenfalls bleiischer, aber härterer Glasur.)

b) Rechtes Porzellan, Masse strengflüssig, Fluß strengflüssiges Thonerde-Kali-Glas; Glasur desgleichen, öfter kalkhaltig.

B. Masse dicht, mit dem Messer nicht rigbar, klingend, feinkörnig, gleichartig, von anfangender Schmelzung zeigend, nur an den Kanten oder kaum durchscheinend, weiß oder gefärbt.

2) Steinzeug:

a) Gemeines Steinzeug, Masse röthlich, grau, bläulich ic. gefärbt; Glasur meist fehlend oder nur Anflug.

b) Feines Steinzeug, Masse meist weiß, alsdann Fluß enthaltend und bleiische Glasur; auch künstlich gefärbt, ohne Glasur; zuweilen lackirt.

C. Masse erdig, porös, ziemlich hart, undurchsichtig, Gefüge locker; wenig klingend.

3) Fayence:

- a) Feines Fayence, Masse weiß, hart und klingend; Glasur ein Krystallglas, weich, bleiisch.
- b) Gemeines Fayence, Masse feinkörnig, gleichartig, mehr oder weniger (gelb) gefärbt; Glasur ein weicher, weißer, zuweilen farbiger Email.
- D. Masse erdig porös, undurchsichtig, sehr weich, homogen, Gefüge sehr locker, sehr porös; stets gefärbt.
- 4) Ordinaire Töpferwaaren; theils ohne, theils mit Glasur; letztere dann entweder bleiisch, oder nicht, aber stets leichtflüssig und durchsichtig.
- E. Masse (mehr oder weniger) ungleichartig, immer gefärbt, sehr weich, porös und locker, wenig klingend, undurchsichtig.
- 5) Backsteine, Ziegel, Ornamente, zuweilen glasirt; Masse in strengem Feuer schmelzbar.
- 6) Feuerfeste Steine, Ziegel, Masse strengflüssig oder unschmelzbar, unglasirt.

1) Vom Porzellan.

Geschichtliches.

Das unter dem Namen Porzellan *) begriffene Geschirr ist den Chinesen sehr früh, und zwar viele Jahrhunderte vor Chr. bekannt gewesen, von wo es die Portugiesen zuerst in Europa einführten. Man spricht schon um's Jahr 485 vor Chr. von einem Wiederaufblühen der Porzellanmacherkunst in China, nachdem sie in Folge des Invasionskriegs darniedergelegen. — In Europa fanden die Erzeugnisse der Chinesen zuerst in Frankreich in einer Geschirrmasse sehr abweichender und schlechterer Natur, dem Fritteporzellan (s. unt.), Nachahmung, welche gegen 1695 aufkam. — Die europäische Erfindung des eigentlichen Porzellans ging erst vor 135 Jahren von einem Deutschen, Namens Böttcher, aus.

Als Lehrling bei einem Berliner, der Goldmacherei ergebenden Apotheker, gerieth derselbe in Verbindung mit Adepten und in Besitz von Goldinctur, deren angebliche Wirksamkeit ihm solchen Ruf verschaffte, daß Friedrich I. von Preußen nach ihm als einer Geldquelle fahndete. Nach Sachsen entwichen, bemächtigte sich seiner August II. von Polen in gleicher Absicht, und suchte das Geheimniß der Goldmacherkunst von ihm durch Einsperrung auf dem Königstein zu erpressen; unterdessen hatten zwischen beiden Regierungen fortwährend Unterhandlungen über seine Auslieferung Statt. Nachdem gelindere Mittel fruchtlos geblieben und als die Geduld König August's auf eine dem Gefangenen gefahrdrohende Weise in Zorn auszuarten anfang, sah sich Böttcher genöthigt, seine Unkenntniß im Goldmachen zu gestehen, besänftigte aber zugleich seinen Peiniger durch die Mittheilung der Erfindung eines porzellanartigen Geschirres, welche Mittheilung nicht eben auf unfruchtbaren Boden fiel, ohne indessen seine Gefangenschaft zu erleichtern. In der That war es Böttcher unter der Hand gelungen, unter Beihülfe von

*) Sehr wahrscheinlich war der Name porcellana anfänglich nur für die Porzellanmuschel gebräuchlich und ist später von den Portugiesen auf diese im Ansehen so ähnlichen Fabrikate übertragen worden.

Tschirnhaus, der mineralogische Kenntnisse besaß, eine Art rothen Steinzeugs zu Wege zu bringen, die dem Porzellan sehr nahe stand. Nach sehr zahlreichen und mühevollen Versuchen erreichte Böttcher endlich in seiner strengen Hast auf dem Sonnenstein 1709 das Ziel seiner Anstrengungen in der Erfindung des wirklichen, weißen Porzellans. Die wesentlichste Schwierigkeit lag in der Auf- findung des richtigen Materials dazu, welches Böttcher endlich in dem damals als Pudermehl im Handel vorkommenden Kaolin von Aue bei Schneeberg er- kannte. Er starb 1719 auf der von ihm gegründeten Fabrik in Meissen. —

Von Sachsen aus verbreitete sich die Kunst langsam; sie kam 1751 nach Berlin, 1755 nach Nymphenburg bei München, 1720 nach Wien und verdrängte 1765 das Fritteporzellan in Sevres bei Paris, nachdem man den Kaolin von St. Yrieix entdeckt hatte. Es entstanden die ersten Fabriken 1758 in Peters- burg, 1780 in Copenhagen u.

a) Fritteporzellan.

Man pflegte die Masse dieser Gattung (wie bereits bemerkt, in Frankreich französisches durch Böttcher's Erfindung verdrängt) aus sehr vielfachen Bestandtheilen zu- sammenzumischen, die in der Hauptsache Kiesel-erde, Alkali- und Erdsalze waren. In Sevres z. B. diente folgende Vorschrift:

Geschmolzener Salpeter . . .	110
Seesalz, graues	36
Alaun (meist vorläufig entwässert) . . .	18
Alkalisoda	18
Gyps vom Montmartre	18
Sand von Fontainebleau	300
	<u>500.</u>

Man sieht auf den ersten Blick, daß eine solche Masse ihrer Mischung nach streng genommen, weil sie keinen Thon enthält, gänzlich aus der Reihe der Thonwaaren heraustritt und nichts mehr und nichts weniger ist, als ein Glas- sag, der durch vollkommnere Schmelzung ein Alkali-Erd-Glas liefern würde. Bis zu einer solchen wird indessen die Erhizung nicht getrieben, sondern das ange- gebene Gemenge nur zusammengefrittet (vgl. S. 403), wozu meist der Brenn- ofen selbst diente. Die entstandene Fritte mußte, um zur eigentlichen Geschir- masse zu werden, vorher geknirscht, ausgewaschen (um die nicht von der Kiesel- säure zersehten löslichen Salze wegzunehmen) und auf Mühlen mit Wasser auf's Feinste gemahlen werden. Zu gleicher Zeit hatte man Kreide und Kalkmergel gemahlen und geschlämmt, um nunmehr daraus und aus der gemahlenen Fritte die wirkliche Masse zu fertigen. Die mehr oder weniger glasige Beschaffenheit hing hauptsächlich von dem Zusaze an Kreide und Mergel ab. In Sevres pflegte man

auf 75 Theile Fritte

17 „ Kreide

und 8 „ Kalk-Mergel

zuzusehen. Mithin enthalten diese Geschirre so gut wie gar keinen Thon und sind nur eine mit Kalk und Thonerde übersehte, strengflüssige Glasmasse, die einer unvoll- kommenen Schmelzung ihre Aehnlichkeit mit dem Porzellan verdankt. Nur die

Frantzösisches. Verarbeitung der Masse fällt mit derjenigen der anderen Thonwaaren zusammen. Indessen zeigte eine solche Masse bei der Abwesenheit des Thones auch keine Bildsamkeit und machte mithin die Formung auch ungewöhnlich schwierig und kostspielig, oder vielmehr an und für sich unmöglich, weil den Theilchen alles Bindende abging. Dieser Mangel wurde in der Ausübung durch Beimengung von Seife und Leim, $\frac{1}{8}$ etwa, oder wohl auch Tragantgummi, so gut als möglich gehoben, worauf sich die Masse, wenn auch nicht auf der Drehscheibe *), doch in den Gypsformen behandeln ließ. — Einer neuen Schwierigkeit begegnet man beim Brennen, wobei sich die Glasnatur der Zusammensetzung in der Weise geltend machte, daß die Geschirre zwar nicht schmolzen, aber doch so stark erweichten, daß sich alle überhangenden Theile verzogen. Dem konnte nur durch ein mühsames Unterstützen solcher Theile durch viele Unterlagen begegnet werden. Nach dem ersten Brande, der 75 bis 100 Stunden dauerte, erhielten die Geschirre die Glasur, die aus Sand und Quarz, Bleiglätte, Soda und Potasche bestand, mithin eine Art Krystallglas war. — Ein höherer Grad von Durchsichtigkeit, sowie die weichere Bleiglasur unterscheiden das Fritteporzellan am meisten vom ächten. Diese Nachahmung des ächten Porzellans, auf eine kostspielige Weise mit einem Glasflusse, ist außer Gebrauch und nur von geschichtlichem Interesse.

Englisches. England ist das einzige Land, wo Fritteporzellan noch jetzt angefertigt wird, weil die dortigen Verhältnisse sich nicht so wohl für das gewöhnliche eignen.

Das englische Porzellan ist indessen von dem vorhergehenden grundverschieden, und vielmehr als eine Varietät des gewöhnlichen Porzellans zu betrachten, wie bei der Betrachtung seiner Gemengtheile sogleich in den Augen springt. Die Rohstoffe sind nämlich:

- 1) ein plastischer Thon;
- 2) ein Kaolin, der gewaschen von Cornwallis kommt und etwas kalkhaltig ist;
- 3) sogenannter Granit, oder Cornish stone, worunter die Engländer ein in der Töpferei überhaupt vielfach gebrauchtes Material verstehen, welches die Fabriken von Cornwallis beziehen. In dieser Gegend befinden sich nämlich im Granitgebirge ausgedehnte Partien dieses Gesteins, worin der Glimmer beinahe gänzlich fehlt, die mithin nur aus Quarz und Feldspath bestehen. Derartige Felsmassen, Pegmatite, sind überhaupt, besonders aber dort, das wirkliche Material, aus dessen Verwitterung der Kaolin hervorgeht. Bei einem Theile derselben, die unter jener Benennung, Cornish stone, mit dem Kaolin in den Handel kommen, ist die Verwitterung des Feldspathes erst soweit vorgeschritten, daß das Ganze noch einigen Zusammenhang hat und von den Fabrikanten als ein leicht zu zerkleinerndes Material benutzt wird, welches zugleich Kaolin, unzersehten Feldspath und Quarz enthält.
- 4) Weißgebrannte Knochen. Die Knochen, die theils vom einheimischen

*) Diese und das übrige Detail wird unten, beim gewöhnlichen Porzellan, im Zusammenhang beschrieben werden.

Schlachtvieh, theils von Amerika herüberkommen, können zuvor zu Leim versotten, oder zu Ammoniaksalzen durch trockene Destillation verwendet, oder endlich als Knochenkohle gebraucht werden; müssen aber in jedem Falle vor der Anwendung calcinirt, d. h. unter Luftzutritt so lange geglüht worden, bis alle organische Substanz völlig zerstört und der mineralische Rückstand (phosphorsaurer Kalk, kohlensaurer Kalk mit wenig Bittererde) in eine ganz weiße Masse verwandelt ist.

5) Feuerstein, aus dem Kreidegebirge.

Alle diese Bestandtheile werden ganz auf dieselbe Art gemahlen, geschlämmt und zu einer Masse vereinigt, wie weiter unten, bei dem ächten Porzellan und dem Fayence beschrieben wird. Entweder stellt man zuerst eine Fritte dar, die nachher mit anderen Stoffen die Masse bildet, wie im folgenden Beispiel:

Fritte.		Masse.	
Cornish stone	40	Kaolin	33
Feuerstein	28	Plastischer Thon (bläulicher)	45
KrySTALLisirte Soda	20	Cornish stone	7½
Borax	7	Feuerstein	3
Zinnoryd	5	Gebrannte Knochen	52
	<u>100</u>	Von der Fritte	7

oder die Masse wird nicht theilweise gefrittet, sondern auf einmal zusammengesetzt, z. B. für Tafelgeschirr aus:

Kaolin	18	oder	11
Plastischer Thon	50		19
Feuerstein	—	100	21
Gebrannte Knochen	29		49
Scherben, gemahlene derselben Masse	3		
Form-Abfälle ungebrannter Masse	100		

In jedem von beiden Fällen unterliegen die Waaren, deren Formung, des hohen Thongehaltes und folglich der höheren Bildsamkeit der Masse wegen, viel leichter ist, einem doppelten Brande. Der erste Brand dauert am längsten; das gebrannte Gut empfängt dann die Glasur, die im zweiten Feuer aufgebracht wird. Die Glasur für Tafelgeschirr besteht aus:

Cornish stone	34	welche Substanzen gefrittet, gemahlen und dann mit 10 Procent Cornish stone und 20 Procent Bleiweiß versetzt werden.
Kreide	17	
Gemahlener Feuerstein	15	
Borax	34	
	<u>100</u>	

Zuweilen fehlt der Bleizusatz gänzlich, und die Leichtflüssigkeit wird alsdann durch Vermehrung des Borarzusatzes hervorgebracht. Die Blei- oder Borarglasuren dieser Porzellanart sind zwar weich, aber rein und glänzend genug für die üblichen Verzierungen und Malereien.

Es verdient ausdrücklich angeführt zu werden, daß die als Wedgewood

(dem Namen des Erfinders) so berühmt gewordenen Waaren aus einem thonigen Gemengtheile und einer Fritte zusammengesetzt, mithin dieser Klasse eigentlich mit mehr Recht zuzuzählen sind, als dem Steinzeuge, wie doch der Sprachgebrauch thut.

b) Aechtes Porzellan.

Natur der Masse, Die Thonwaaren dieses Namens, die in allen europäischen Ländern (mit Ausnahme Englands), in China u. gemacht werden, enthalten in ihrer Masse zwei wesentlich verschiedene Gemengtheile, von denen der eine ein unschmelzbarer, bildsamer, weißer Thon, nämlich Kaolin *), der andere ein zu einem Glase schmelzbarer, unbildsamer Zusatz, sogenannter Fluß ist. Dazu dient fast immer Feldspath mit oder ohne Zusatz von Quarz, Kreide, Gyps u.

Der Kaolin allein würde sich zu einer porösen, undurchsichtigen Masse brennen; da aber der Fluß bei dem heftigen Brande der Porzellandöfen erweicht, so durchdringt er als glasige Masse die Thontheile allenthalben, füllt die Poren derselben vollständig aus, verbindet sich mit der Oberfläche derselben und kittet dadurch eben diese Theile zu einer undurchdringlichen, dichten Masse zusammen. Die Durchscheinheit dieser Masse rührt also daher, daß ihre thonige Grundlage gleichsam mit Glasmasse getränkt ist, wie das durchsichtige Papier mit Del. Unter dem Mikroskope scheiden sich beide Zustände deutlich von einander ab, und die milchige Masse löst sich in einen durchsichtigen Grund und einen undurchsichtigen Gemengtheil, der nach Ehrenberg's Beobachtung aus gegliederten (d. h. aus aneinander gereihten Kügelchen gebildeten), nach allen Richtungen gekreuzten, ineinander gewobenen Stäbchen besteht.

der Glasur. Ebenso charakteristisch ist die Glasur, die immer aus Feldspath, zuweilen mit etwas Gyps, aber nie mit Blei oder Zinn gefertigt wird. Die Glasur ist darum ganz von derselben Beschaffenheit wie der Fluß, und darin allein beruht der so innige und feste Zusammenhang derselben mit der Masse, wodurch die wichtigste Eigenschaft der Porzellangeschirre bedingt ist: daß sich die Glasur durch äußere Einwirkungen, wie Stoß, Wärme-Ausdehnung u. nicht von dem Körper löst und absplittert. Wäre die Wärme-Ausdehnung der Glasur z. B. merklich geringer als die der Masse, so würde die erstere dieser nicht folgen können und die Glasur für viele Temperaturen nicht fähig sein, die vergrößerte Oberfläche der Masse zu bedecken, ohne an vielen Punkten zugleich zu bersten, wie ein zu enges standene feine Glasursprünge, denen das Porzellan am wenigsten von allen Thonwaaren unterworfen ist. Ein anderer Vorzug liegt darin, daß die Glasur als bleifreies Thonerde-Glas eine hinreichende Härte besitzt, um durch den Gebrauch von Messer und Gabel nicht geritzt zu werden.

Die Natur des Porzellans giebt deutlich an die Hand, daß der Kaolin und sein Muttermineral, der Feldspath, die Grundstoffe dieser Waaren sind, die man füglich Kaolin-Geschirre nennen könnte.

Die Geschirr-Masse besteht:

*) Das Wort Kaolin ist der ursprüngliche chinesische Ausdruck Kao- lin, der sich nach und nach in den neueren Sprachen eingebürgert hat.

In Berlin		In Wien (1812)	
für Tafelgeschirr		für Ornamente	
aus Kaolin von Morl 76	aus Kaolin von Morl . 25	aus Kaolin von Auerbach 72	
» Feldspath . . . 24	» » vom Weidersee 50	» Feldspath 12	
	» Feldspath 15	» Quarz 12	
	» reinem Sande . . 10	» Gyps 4	

In Meissen (Sachsen)		In Nymphenburg bei München	
für Tafelgeschirr		für niedere Hitzgrade	für hohe Hitzgrade
aus Kaolin v. Aue . . 18	aus Kaolin v. Seilitz 37	aus Kaolin von Passau 62,5	65
» » » Sosa . . 18	» Quarz . . . 37	» Quarz 19	21
» » » Seilitz 36	» Kalk v. Pirna 17½	» Sand, vom Kaolin	
» Feldspath . . . 26	» Porzellanschfer-	abgeschlämmt . 6	4
» Biscuitscherben . 2	ben . . . 8½	» Gyps 5	5
		» Scherben . . . 7,5	5

In Sèvres bei Paris		In St. Petersburg		In Copenhagen	
für Geschirre (1843) (f. S. 509)		für Tafelgeschirr			
aus Kaolin v. St. Yrieix 48	aus Kaolin v. Nisanksh . 50	aus Kaolin v. Bornholm 40			
» davon abgeschlämmt	» Feldspath, Finnland, 25	» Quarz von Arendal 33			
Sand 48	» Quarz 25	» Feldspath 27			
(feldspathhaltigem)					
» Kreide 4					

Der Kaolin von St. Yrieix-la-perche bei Limoges findet sich unter dem Gneis vor. Dieser und der darunterliegende Diorit sind von Pegmatitmassen durchsetzt und unterbrochen, der bald in Massen, bald in Adern auftritt. In Folge der Verwitterung sind Gneis und Diorit, jener in eine rothe, dieser in eine schwarzgraue kaolinartige Masse übergegangen, welche ihrer Farbe wegen nicht gebraucht werden kann. Dagegen liefert der Pegmatit, da wo er vollständiger zersetzt ist und wenig Quarz enthielt, also überwiegend aus Feldspath bestand, den »thonigen Kaolin«; im Gegentheil des »steinigen Kaolins«, der viele Quarzkörner und unzersetzte Feldspaththeile als Sand enthält. Neben diesen beiden Sorten unterscheidet man noch den »sandigen Kaolin«, wenn jene Beimengungen so sehr vorherrschen, daß der Kaolin sehr mager erscheint.

In Aue bei Schneeberg im sächsischen Erzgebirge ist die Sohle eine abgerundete Granitmasse, oberflächlich ziemlich verwittert und von einem Kaolinlager als

Versteht.
Der Kaolin.
Bestehen.

Haube rings umgeben. Darauf folgt eine Schicht sehr verwitterten Granits von geringer Mächtigkeit, der ein zweites Kaolinlager von der Form des ersten trägt. Das Ganze ist von einer Gneisart überlagert, die mit häufigen Adern von Quarz und Blutstein durchsetzt ist.

Bei Halle (Mori) wird der Kaolin schon 6 Fuß unter der Erdoberfläche, aber nicht im Granit, sondern auf einem Porphyr angetroffen.

Bei Sosa in der Nähe von Johannegeorgenstadt tritt ein mächtiger Quarzgang fast senkrecht durch den Granit zu Tage; der Quarzgang ist von dem Granit zu beiden Seiten durch Saalbänder von Eisenstein geschieden. Da wo der Eisenstein angrenzt, ist der Granit rechts und links bis auf eine gewisse Tiefe verwittert und sein Feldspath in Kaolin verwandelt.

Bei Passau hat der Kaolin seinen ganz ähnlichen Ursprung in demselben Felsen wie bei Limoges.

Aufbereitung.

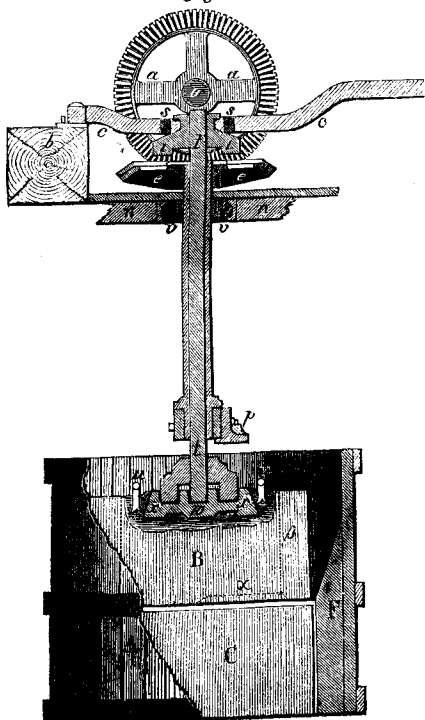
Aus dieser Art des Vorkommens erhellt, daß der rohe Kaolin in dem Zustande, wie er gefunden wird, nicht rein genug, sondern ein Gemenge von wahrem Kaolin, unzersehtem Feldspath und Quarztheilen ist, die vorher getrennt oder durch Mahlen feingemacht und gleichmäßig gemischt werden müssen. Das Waschen und Schlämmen, welches dem Mahlen vorausgeht, wird meist in den Porzellantöpfereien selbst vorgenommen, oder findet auch theilweise an der Grube Statt. — In St. Yrieix z. B. pflegt man den »kieseligen Kaolin« vor dem Versenden von einem großen Ueberschuß von Sand abzuschlämmen, der mehr beträgt, als man nachher für die Masse nöthig hat. Der geschlämmte, und die anderen noch rohen Sorten werden in Sèvres bei Paris weiter bearbeitet. — Diese Wasch- oder Schlammapparate umfassen drei Reihen Bottiche, eine über der anderen. Die obersten dienen dazu, das überhaupt Aufschlammbare von dem Nichtaufschlammbaren zu trennen. Davon scheidet sich in den mittleren das Größere und Sandige von dem Feinen, mehr Thonigen ab, welches sich in den unteren als gereinigtes Product absetzt und darin von dem Schlammwasser getrennt wird. Hat man den rohen Kaolin mit Wasser in den obersten Bottich gebracht, so sucht man das Zergehen der Klumpen durch Kneten und Rühren zu befördern, wozu entweder Arbeiter oder Maschinen dienen. In dem letzteren Falle bewegen dieselben meist eine senkrecht in dem Bottich stehende Welle, die mit horizontalen Armen bewaffnet ist. Ist auf die eine oder die andere Art Alles gehörig in dem Wasser zertheilt, so läßt man die Flüssigkeit aus einem, einige Zoll über dem Boden angebrachten Zapfen in die nächst tieferstehenden Bottiche (in Sèvres 6) ablaufen. Es bleiben alle Steine und gröbere Theile zurück, während die ablaufende Flüssigkeit die sandartigen, feineren, mit dem eigentlichen Kaolin enthält. Nach einiger Zeit der Ruhe sinkt der Sand vollständig zu Boden und die Flüssigkeit nimmt allein den thonigen Kaolin mit in die untersten Gefäße, worin man ihr so lange Zeit läßt, bis sie sich geklärt hat, um das Wasser von dem Thonschlamm abzapfen zu können. Beim Ueberzapfen von einem Behälter in den anderen läuft die Kaolinschlempe durch Haarsiebe, worin besonders diejenigen leichteren Unreinigkeiten, wie Holzsplitter, Stroh &c. zurückbleiben, die nicht auf den Boden, sondern an die Oberfläche gehen. — Diese Schlammung liefert in Sèvres hinreichend Feldspath und hinreichend Quarz für den Fluß in

Gestalt von Sand, und man erhält überhaupt eine Sorte Kaolin vom steinigem, eine andere vom thonigen Rohkaolin, mit den zwei entsprechenden Sorten Sand.

In Sèvres ist die Kreide von Bougival ein beständiger Zusatz zur Porzellanmasse; sie enthält über 95 Procent kohlen sauren Kalk und kann füglich durch jeden Kalkstein ähnlicher Reinheit ersetzt werden. In Nymphenburg dient der Gyps in ähnlicher Weise, den man von Marquardstein bezieht. Dort und in Meissen bilden die Porzellanscherben (sowie die Glasbrocken beim Glasfag) einen Bestandtheil, vermindern indessen die Bildsamkeit sehr, wenn ihre Menge die angegebene übersteigt.

Weil die einzige Möglichkeit, ein taugliches Porzellan zu machen, von der Sorgfalt abhängt, womit man die gleichförmige Mischung der Bestandtheile bewerkstelligt, so ist einleuchtend, daß vor allen Dingen für die feinste Zertheilung desjenigen gesorgt werden müsse, was von Natur derb und steinig ist, wie Feldspath (als Sand oder Stücke), Kreide, Gyps, Scherben 2c. Man hat also Mühlen nothwendig, welche diese Stoffe ebenso fein mahlen, als der Kaolin von Natur ist. Der Holzschnitt Fig. 190 ist die Abbildung einer Mühle in Sèvres, Die Mühlen.

In einem aus Dauben gefügten und mit Reifen gebundenen Behälter arbeiten zwei Mühlsteine; der untere, *C*, ist mittelst eines Zwischenstückes *F* von Holz in dem Behälter befestigt, der obere *B* dagegen beweglich und drehbar. — Um der Drehungsaxe *t* einen bequemen Angriffspunkt zu sichern, ist (neben den Hebeln *u*) in den Läufer eine Art Mühleisen *w* mit Blei eingegossen, mit zwei vier-eckigen Vertiefungen an den Seiten (für die Arme *x, x*) u. einer runden (für die Axt *t, t*). *v, v* ist eine Art von Scheibe, von dem eisernen Balken *p* getragen, welcher die Axt *t* umgiebt. Diese gehen aufwärts gemeinschaftlich durch das Widerlager nach dem Winkelrad *e, e*, welches mit dem auf der Axt *o* aufgezogenen senkrechten Rade *a* in Angriff steht. Die eiserne Auslösung kann mittelst des Hebels *c*, der in seiner Mitte einen Ring *s s* bildet, an der Axt *t* auf- und niedergeschoben werden. Geschieht das letztere, so kommen die Lappen *i, i* zwischen die Speichen des Rades *e*, werden mit herumge-



trieben, und theilen die Bewegung der Axe mit, womit sie fest verbunden sind; also auch dem Käufer. — Um die Theile *i i l* mit Leichtigkeit und nach Willkür mit der Axe zu verbinden, also um den Zusammenhang der Bewegung derselben mit der der Axe herstellen und unterbrechen zu können, schiebt man einen eisernen Bolzen *z*, Fig. 191, in eine Vertiefung, die halb der Axe *y*, halb dem betreffenden Theile *x* angehört. — Der obere Stein *B* oder

Fig. 191.



Käufer ist nicht vollkommen rund, sondern an beiden Seiten flach behauen und unten mit zwei gegenüberstehenden Einkerbungen *a β* versehen, um das Material besser nach abwärts zwischen die Steine zu leiten. Wenn man den Spath u. s. w. in Stücken aufschüttet, die größer sind, als jene Räume weit, so werden sie natürlicher Weise von vornherein aus dem Bereiche der Zermahlung ferngehalten und die Mühle ohne Wirksamkeit sein. Darum müssen alle Materialien in gröberen Stücken vorläufig zwischen Quetschwalzen oder unter Pochstempeln (ähnlich denen der Pulvermühlen S. 313) zerkleinert werden.

Anstatt der beschriebenen Mühlen werden sehr häufig auch diejenigen gebraucht, von denen unten bei der englischen Töpferei die Rede sein wird. In jedem Falle werden die betreffenden Materialien erst gemahlen und der von den Mühlen kommende Mahlschlamm muß ebenso und mit derselben Sorgfalt durch Schlämmen von den gröberen sandigen Theilen befreit werden, wie der Kaolin, so daß man zuletzt alle Zuthaten zur Porzellanmasse in Gestalt eines zarten Schlammes erhält, woraus dieselbe gemischt werden muß, und zwar in dem für jeden Ort üblichen Gewichtsverhältnisse. Zu dem Ende mußte man eigentlich erst jeden Stoff in den Zustand versetzen, welchen die Vorschrift voraussetzt, d. h. völlig trocknen, was natürlich über die Maßen zeitraubend und umständlich sein würde. Darum zieht man jederzeit vor, erst an einer Probe auszumitteln, wie viel Pfunde feste Theile (Kaolin, Feldspath etc.) 1 C. = F. von jedem Schlamme enthält und mischt denselben dem Maaße nach, nach Cubikfuß. Daß dazu keins der Materialien sich abgesetzt haben darf, sondern mit dem Wasser eine dickliche, gleichförmige Flüssigkeit bilden muß, versteht sich von selbst. — Dieses Messen, obgleich genauer als Wägen, giebt dem Fabrikanten keineswegs die Sicherheit, die Masse zu erhalten, die er wünscht, wenigstens da nicht, wo die einzelnen Materialien bei jeder Sendung so sehr in ihren Bestandtheilen wechseln, wie in Sevres. Denn der Kaolin enthält das eine Mal mehr, das andere Mal weniger Thonerde oder Kieselsäure; man wird also, wenn man ohne weitere Rücksicht nach der Vorschrift abmißt, zwar die erforderliche Menge Kaolin oder Feldspath etc., aber nicht die richtige Menge Thonerde, Kieselerde, Kali und Kalk in die Masse bringen, wovon doch die Beschaffenheit derselben zunächst abhängt. In Sevres dient nun in Rücksicht darauf als stehende Vorschrift nichts weiter, als das Ergebnis der Elementaranalyse derjenigen Geschirrmassen, die sich als die besten erprobt haben, d. h. die beste Mischung zu Geschirren muß in 100 Theilen nach diesen Erfahrungen

58,0 Kieselerde,

34,5 Thonerde,

4,5 Kalk und

3,0 Kali

enthalten, welche Zahlen das Mittel jener Analysen sind. Um darnach arbeiten zu können, genügt es, von jedem der vorhandenen Materialien, die gemischt werden sollen, eine Analyse zu machen. Diese lehrt, wieviel Kiesel-erde, Thon-erde, Kalk und Kali jedes einzelne enthält, und giebt mithin einen sicheren Anhaltspunkt zu berechnen, wieviel man (dem Gewichte, und folglich auch dem Maasse nach) von jedem nehmen müsse, um jenen mittleren Gehalt möglichst nahe in der Masse zu erhalten. Da nun jede Sendung Kaolin in ihrer chemischen Mischung verschieden ist, so wird auch jedesmal nach anderen Verhältnissen gemischt werden müssen, aber jedes Gemisch wird gleichviel von den Elementarbestandtheilen enthalten, wie folgendes Beispiel zeigt:

Mischung, von 1839	enthält				Mischung, von 1843	enthält			
a u s :	Kiesel- erde	Thon- erde	Kalk	Kali	a u s :	Kiesel- erde	Thon- erde	Kalk	Kali
73 geschlämmter Kaolin . . .	38,69	30,66	0,73	1,75	48 Kaolin . . .	30	17	0,05	0,96
24 Feldspathsand	19,27	3,40	»	1,27	48 Feldspathsand	28	17	0,53	2,01
6,6 Kreide . . .	»	»	3,77	»	7,2 Kreide . . .	»	»	4,00	»
	57,96	34,06	4,5	3,02		58	34	4,58	2,97

Was für Sevres gilt, gilt darum noch nicht für andere Orte; nicht jede Porzellanmasse von derselben Elementarmischung wird deshalb auch dieselben Eigenschaften zeigen, wie die von Sevres, weil selbst bei gleicher procentiger Zusammensetzung der Masse die Verschiedenheit der Zusammensetzung der Bestandtheile von zu großem Einflusse ist.

Die Mengung derselben, nach den obigen Grundsätzen, geschieht in großen Behältern unter fortwährendem Umrühren und es bleibt noch übrig, das schlammartige Gemenge so weit zu entwässern, daß es die fertige, knetbare Masse bildet. Durch Abfüßiglassen ist dieser Zweck nicht zu erreichen, weil diese Arbeit zu lange Zeit wegnimmt und den schwereren Theilchen (dem Feldspathmehl) Gelegenheit giebt, sich von den leichtern zu trennen. Mit einem Worte, eine Entmischung der Masse wäre unvermeidlich, die doch der größte Fehler ist. Beim Einkochen oder Abdampfen, wobei stets Strömungen in der Flüssigkeit stattfinden, hätte man derartiges nicht zu befürchten; die Erfahrung hat aber gelehrt, daß, merkwürdig genug, gerade die Porzellanmasse keine solche Behandlung verträgt, ohne an Bildsamkeit zu verlieren und was man so nennt »kurz« zu werden

Das Trocknen
der Masse.

Durch Ab-
sorption.

Das gewöhnliche Mittel der Porzellantöpferei ist deswegen das Trocknen durch Absorption. Der Schlamm wird in Kästen gezapft, deren Boden einen dicken Gypsguß bildet, dessen Porosität das überschüssige Wasser an sich zieht. Diese Gypsplatten müssen natürlich immer wieder getrocknet werden. Auch pflegt man bei günstigem Wetter die Absorption durch die trocknende Wirkung der Luft zu unterstützen.

Durch die
Pressen.

Neuerdings ist das Trocknen auf Gyps an mehreren Orten durch das von Honoré eingeführte Pressen verdrängt worden, das zwar nicht ökonomischer ist, aber dafür den Vortheil gewährt, der Masse einen höheren Grad von Bildsamkeit zu ertheilen. Dieselbe wird zu $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{4}$ Centner in Säcke von Hanf gefüllt und in einer Schrauben- oder Hebelpresse einem langsamwirkenden Druck ausgesetzt. Die Säcke werden aus einem besonders gewobenen Zeug angefertigt, der aus gezwirnten Fäden nicht zu dicht, noch zu locker geschlagen werden darf. Auch müssen die Fäden gehörig schlicht sein, daß keine Fasern an der Masse hängen bleiben. Am besten tränkt man die Säcke vor dem Gebrauch in heißem Leinöl, sie lassen dann das Wasser leichter hindurch und sind dauerhafter. —

Durch Luft-
druck.

Eine andere Idee endlich, den Schlamm auf eine Art Filter zu bringen und das Abfließen des Wassers (welches freiwillig sehr langsam vor sich geht) mittelst Luftdruckes zu beschleunigen, ist ebenfalls hie und da in Ausführung gekommen. Bei der Einrichtung von Talabot sind dazu große, eiserne Trichter vorhanden, die in ein Abflußrohr endigen. Dieses ist mit einem Metallsieb überdeckt; darauf ist eine dicke Schichte Filz angebracht, auf welche der Schlamm unmittelbar aufgegossen wird. Das Abflußrohr steht mit einem Behälter in Verbindung, worin man leicht einen luftverdünnten Raum erzeugen kann, alsdann drückt die Ueberwucht der Atmosphäre von außen auf den Flüssigkeitspiegel und bewirkt die Abseihung des Wassers durch die Unterlage hindurch.

Weitere
Vorbereitung

Wie man auch verfahren haben mag, so erhält man die Masse stets von ungleicher Weichheit; so z. B. ist der Inhalt der Säcke nach außen viel fester als inwendig, ein Mangel, den man durch Treten (Kneten mit den Füßen) und besonders durch Schlagen ausgleicht. Gewöhnlich wirft man die Ballen — dies sind runde Stücke, in welche man die aufzubewahrende Masse theilt — mit Gewalt und wiederholt gegen eine harte Steinplatte auf, oder bringt sie zwischen Metallplatten mit einem Stempel.

Der Feldspath und Kalkgehalt in der Porzellanmasse ist ein durchaus unbilliger Stoff; es läßt sich deshalb leicht denken, daß dieser sogenannte Fluß, der doch stets $\frac{1}{4}$ des Ganzen und mehr beträgt, die Bildsamkeit desselben sehr beeinträchtigen müsse. Sie ist in der That bedeutend geringer, als bei den Massen aus reinem Thone, und bedingt dadurch eine entsprechend kostspieligere und zeitraubende Formung *), so daß der Fabrikant Alles beachten muß, was die Bildsamkeit erhöht. Dahin gehört das Vermengen mit Abfällen der Former, was sehr wirksam ist und stets geschieht, ferner weiteres Kneten und Treten, vor Allem aber das Ablagern in feuchtem Zustande und eine Art von Fäulniß, die sich während dessen einstellt.

*) Während ein Porzellanformer in 10 Arbeitsstunden höchstens 60 bis 80 Zeller fertig bringt, so erzeugt deren ein Former mit Handlanger 600 aus der bildsameren Fayencemasse.

Man verarbeitet also nur Masse, die wenigstens ein Jahr lang feucht aufbewahrt gewesen, und am besten solche, die gefault war. — Darunter versteht man eine eigenthümliche, nicht genauer erklärte Erscheinung, welche sich dann zeigt, wenn die Masse feucht und an feuchten Orten (nicht unter Wasser) und in Stücken von solchem Umfange sich selbst überlassen bleibt, daß sie innerlich nicht austrocknen können. Es macht sich zuerst ein Geruch nach faulen Eiern und ein Aufdunkeln der Farbe im Innern bemerklich, welches allmählig vom Grauen in's Schwarze geht und so lange anhält, als die Umstände dieselben bleiben. Die schwarze Farbe ist das kohlenstoffreiche Zersetzungsproduct organischer Materien durch eine Fäulniß, welche wie immer, sauerstoffentziehend wirkt und die vorhandenen schwefelsauren Salze (Gyps) zu Schwefelmetallen reducirt, woher denn der Schwefelwasserstoffgeruch stammt. Außen und überhaupt da, wo die Luft mit den geschwärzten Theilen zusammenkommt, verschwindet die schwarze Materie, indem, zufolge der Beobachtungen, der Sauerstoff jener in Kohlensäure verwandelt wird. Es ist schwerer anzugeben, warum durch diesen Vorgang die Bithsamkeit der Masse befördert wird, während doch alle Sachverständigen darin so sehr einverstanden sind, daß man hin und wieder versucht hat, die Gährung künstlich durch Zusatz von Honig, Syrup &c. hervorzubringen und zu unterstützen.

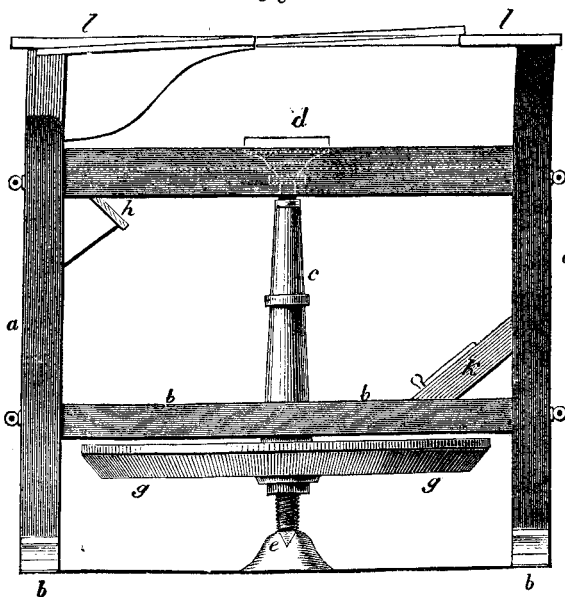
und Faulen
der Masse.

Die Waaren aus Porzellanmasse erhalten ihre gehörige Form entweder auf der Töpferscheibe, oder in Formen, oder durch Gießen. Das For-
men.

Die Töpferscheibe ist eine der ältesten Maschinen, die in den Gewerben Anwendung fanden; sie war z. B., wie man aus antiken Gemälden schließen muß, in Aegypten schon 1900 Jahre v. Chr. in Gebrauch. So wie sie in den Porzellanfabriken jetzt eingerichtet ist, sieht die Scheibe in der Mitte eines Tisches

Auf der
Scheibe.

Fig. 192.

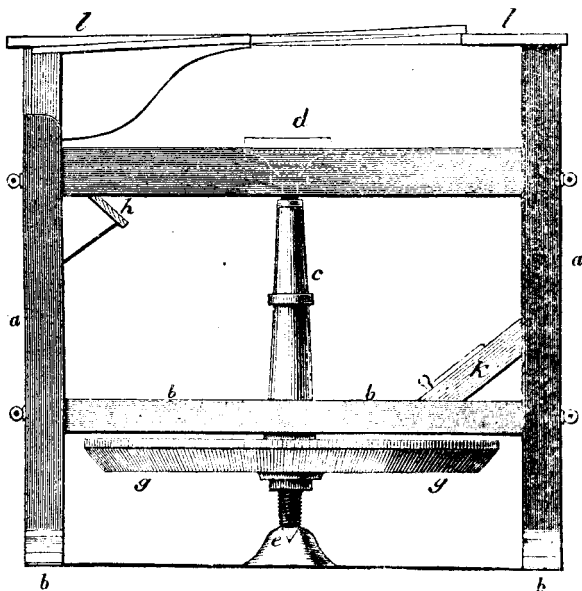


a, a, Figur 192, von sehr massivem Gestelle, dessen Füße mit Querleisten b, b verbunden sind; l, l ist ein schmales Tischblatt. Die Scheibe selbst besteht aus dem Kopfende, der Ase und dem Rade. Die Ase c ist von Eisen und hat einen Drehungspunkt in der Pfanne e (einem Stücke in den Boden eingegypsten Quarz), den andern in dem Messingringe d, der an die Tischplatte ange-

Formen
der Sche

schraubt ist. Unten trägt die Axe ein breites, schweres, horizontales Rad *g, g*. Der

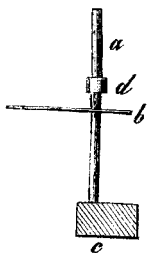
Fig. 193.



Formen, der auf der Bank *h* sitzt, hat, die Füße gegen das Brett *k* gestemmt, durch die Gegenneigung beider einen hinreichend festen Sitz, um das Rad mit dem einen Fuß herum zu schnellen. Durch seine Wucht, und weil das meiste Gewicht im Umfange liegt, wirkt das Rad als Schwungrad, d. h. es macht die Bewegung in der Art gleichförmig und anhaltend, wie sie durchaus für die Arbeit auf

dem oberen Theile *i* erforderlich ist. Dieser ist ein runder, sehr massiver Gypsblock, der sich oben zu einer ebenen Fläche ausbreitet, auf welcher beim Formen ein Klumpen Thon festgeklebt wird. Hält nun der Formen unter fortwährendem Drehen die Hände mit einem gelinden Druck gegen die Masse, so wird sich diese abrunden; hält er beide Daumen in den Mittelpunkt und drückt abwärts, so wird eine Höhlung entstehen, die sich erweitert, wenn er die Daumen entfernt, und glockenförmig wird, wenn er die Daumen wieder nähert. Fast derselbe die Wände des halbgeformten Gefäßes zwischen Hände und Daumen, und bewegt sie unter gelindem Drucke aufwärts, so kann er dadurch diese Wände beliebig erhöhen und zugleich verdünnen u. Jederzeit ist es unumgänglich, die Hände durch Eintauchen in mit Wasser zerrührte Töpfermasse (Schlicker) schlüpfrig zu erhalten, weil sonst das Arbeitsstück durch Ankleben zerreißen würde. Auf diese Weise kann man alle Gefäße mit Kreis-Querschnitt erzeugen; ist die Mündung derselben zu eng, um

Fig. 194.



die Hand einzuführen, wie ein Krug, so fügt man sie aus zwei Hälften zusammen, oder formt mit einem Schwamme, der auf einem nach Bedürfnis gekrümmten Stiele befestigt ist. Will man, was Höhe und Weite der Stücke anbelangt, sich nicht auf das Augenmaass verlassen, sondern sicher gehen, so bedient man sich des Richtmaasses, Figur 194. Es ist dieses ein schmales Lineal *b*, welches in einem Längsschlitz des Stabes *a* in jeder beliebige Höhe mittelst des Schiebers *d* befestigt und senkrecht über die Arbeit gestellt werden kann; *c* ist der Fuß dieser Vorrichtung. — Bei dem Formen mit der Scheibe pflegen die Unebenheiten der Haut schraubensför-

mige Linie auf der Oberfläche zurückzulassen; da es nun bei Porzellangeschirren sehr auf Sauberkeit der Arbeit und Nettigkeit ankommt, da ferner die Masse derselben nicht hinreichend bildsam ist, um zu derjenigen Dünne ausgearbeitet zu werden, welche der Käufer verlangt, so pflegt man die Gegenstände mit der Scheibe nur aus dem Rohen zu formen, um sie nachher in einer besonderen Operation zu den richtigen Dimensionen und der gehörigen Reinheit der Form zu vollenden.

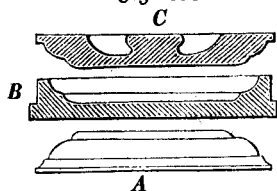
Sämmtliche Gegenstände von nichtkreisförmigem Querschnitte, also ovale, oder von gebrochener, mehr verwickelter Gestalt, die mithin nicht gedreht werden können, fallen der Bearbeitung in Formen anheim, welche diejenigen Flächen vertieft enthalten, die auf dem Gegenstande erhaben sein sollen und umgekehrt.

In Gyps-
formen.

Während nun auf der einen Seite die zu formende Masse so geschmeidig sein muß, daß sie sich leicht durch Kneten in alle Vertiefungen einschmiegt, so muß sie auf der andern Seite beim Herausnehmen aus der Form steif genug sein, um sich nicht mehr zu verbiegen; folglich in der Form selbst consistenter werden und austrocknen. Diese wichtige Bedingung schließt jeden nicht porösen Stoff zu Formen gänzlich aus, weil ein Trocknen des Thones durch die Formwand hindurch unumgänglich ist. Nur in diesem Falle kann man sicher sein, daß das gesformte Stück weder anhängt, noch sich beim Auslösen verbiegt.

Diesen Anforderungen entspricht (außer den seltener benutzten Formen von gebranntem Thon) nur der Gyps. Um Formen für Teller z. B. zu erhalten, die am meisten gebraucht werden, verfährt man, wie aus Figur 195. hervorgeht.

Fig. 195.



Ueber ein Model *A*, welches von Metall ic. oder ebenfalls von Gyps sein kann, und die innere Oberfläche des Tellers genau, aber erhaben darstellt, gießt man eine vertiefte Gypsform *B*, welche als Matrice dient und mit Del getränkt wird; davon verschafft man sich so viele Abgüsse *C*, als die Matrice verträgt; diese sind nun wirkliche Formen. Da

sich der Gyps beim Erstarren ausdehnt um 0,01 in gerader Linie, so muß man das ursprüngliche Model um so viel dünner machen. Je nach der Natur der Gefäße sind die Formen entweder zweitheilig, oder einfach. Entweder drückt man den Thon stückweise, aus der Hand ein (wie bei Füßen, Henkeln und Verzierungen, welche stets besonders geformt und angefügt werden); oder, wie in der Mehrzahl der Fälle (bei Tellern, Tassen und allen ähnlichen Hohlgegenständen), es wird die Masse in flache dünne Blätter oder Lappen, »Schwarten«, ausgewellt mit einem Wellholz, die man dann über die Form breitet und mit einem nassen Schwamme andrückt. Solche Schwarten, oder Platten, die um ein Merkliches dicker sein müssen, als die Wand des künftigen Geschirrs, erhält jeder Former von einem Handlanger nebst den nöthigen Formen zugetragen. — Sehr häufig verrichtet man das Andrücken der Platten an die Formen auf der Drehscheibe, wenn die Gegenstände rund, jedoch von verzierter Oberfläche sind,

oder wenn man sicherer gehen will. So z. B. Figur 196., wo die Platte *a*

Fig. 196.

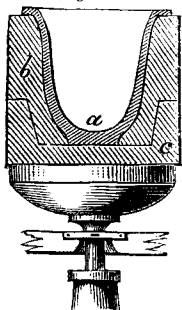


Fig. 197.

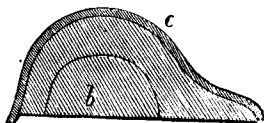
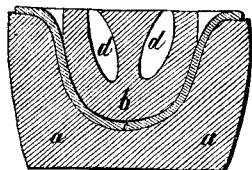


Fig. 199.



gegen die auf der Scheibe aufliegende und mit ihr umlaufende Form *b*, *c* angebrückt wird. Man sieht leicht, daß in diesem Falle die innere Oberfläche nur aus freier Hand gebildet wird. Wo dieses nicht angeht, wegen der Gestalt oder Eleganz, bedient man sich der zweitheiligen Formen, wie Figur 197., wo man sieht, wie die Platte *c* über den Kern *b* gelegt ist, um vermittlest desselben in die Form *a*, Figur 198., gebracht zu werden; diese neue Lage geht deutlich aus der Figur 199. hervor, worin *d d* Grifflöcher sind.

Fig. 198.

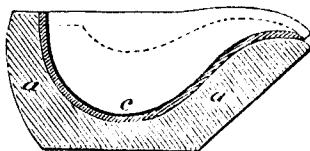
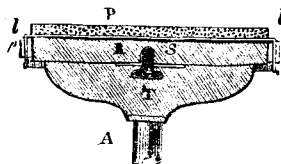


Fig. 200.



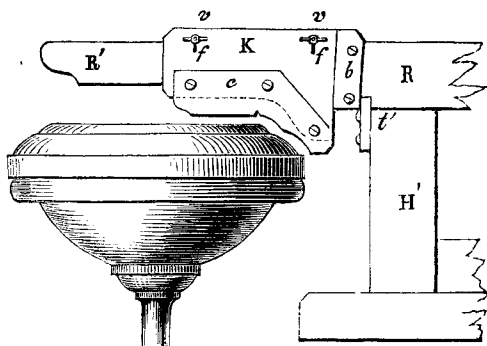
Eben so häufig macht man von den Chablons Gebrauch, um die Form von Stücken zu berichtigen, wobei zu bemerken ist, daß dieselben nur bei Gegenständen gebraucht werden können, die sich auf der Drehscheibe

behandeln lassen. Die Handhabung der Chablone geht am besten aus der Beschreibung des Formens von Tellern im Zusammenhange hervor. Man macht zu dem Ende Platten, und zwar am besten gleich runde auf der Scheibe. Der Kopf derselben *T*, Figur 200., ist mit einem Stifte *s* versehen, als Mittelpunkt, der in die Nabe einer runden Platte von Gyps *R* paßt, worüber man mittelst des Kupferinges *p* ein Stück nasses Leder *l*, *l* wie ein Trommelfell spannt. Darauf breitet man aus einem Stücke Thon durch Drehen eine Platte *P* aus und ebnet dieselbe mit einem Lineal zu gleichmäßiger Dicke. So vorbereitet, überträgt man sie mittelst des Leders auf die Gypsform *C*, Fig. 196. Diese letztere sitzt auf einer andern Scheibe auf, welche um die Ase gedreht wird, während der Arbeiter die Platte sanft mit einem in Schlicker getauchten Schwamme andrückt. So bildet sich die innere, aber die äußere Oberfläche des Tellers und die richtige Dicke können nur mit der Chablone *c*, Figur 201. (s. folg. Seite) erhalten werden; es ist diese nichts weiter, als ein Stück Messingblech, worin genau (der halbe) äußere Umriß eines Tellers ausgeschnitten ist. Dieses Blech ist an dem Schieber *b* befestigt, der an dem Richtscheit *R' R* verschoben werden

kann. Das richtige Anpassen in senkrechter Richtung geschieht mittelst der Stellschrauben *v*, *v*, die durch die Schlitze *f*, *f* hindurch gehen. Dadurch, daß der

Mit der Chablone.

Fig. 102.



Teller gegen die Kante des Bleches umläuft, wird Alles weggeschnitten, oder weggedreht, was über den reinen Umriß heraussteht, und der Teller ist vollendet.

Die Erfah-

rung hat, häufig zum Nachtheil der Fabrikanten, gelehrt, daß die Porzellan- masse sich gegen den beim Formen ausgeübten Druck, in hohem Grade und in einer Weise empfindlich verhält, deren Folgen erst zu spät bemerkbar werden. Wenn der Druck (der Finger oder der Formtheile) nämlich an einigen Stellen stärker als anderen und überhaupt ungleich war, so verhalten sich diese Stellen beim Trocknen und Brennen sehr verschieden; einige schwinden mehr, andere weniger, und ein Verziehen und Werfen, kurz verdorbene Arbeit ist die nothwendige Folge. Diese Nachtheile sind bei gelindem Drucke nicht so augenfällig und darum beim gewöhnlichen Formen ganz gut zu vermeiden; aber wenn der Druck im Allgemeinen bedeutender und derselbe mit größerer Ungleichheit ausgeübt wurde, so auffallend, daß die betreffenden Stücke verworfen werden müssen. Hierin liegt der Grund, warum die Anwendung von Form-Pressen, sowie diese Schrauben- oder sonstigen Pressen, mit so unübersteiglichen Schwierigkeiten verbunden ist, daß man bis jetzt von deren Benutzung bis auf wenige Fälle ganz absehen mußte. Nur bei solchen Gegenständen ist bis jetzt die Formung unter der Presse gelungen, die so klein sind, daß innerhalb der Oberfläche, die sie der Presse bieten, keine merklichen Verschiedenheiten stattfinden können. Dahin gehören z. B. Rockknöpfe, wie sie in England aus Tritteporzellan gefertigt werden, und Aehnliches.

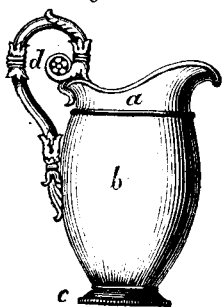
Durch Pressen.

Bei dem Formen durch Gießen, einer Art des Formens, die nur dem Porzellan eigenthümlich ist, kommen zwar keine Schwierigkeiten, wie die genannten, aber doch andere, ebenfalls nicht unbedeutende, vor. Das Gießen beruht auf der nämlichen Erscheinung, wie das übliche Trocknen der Masse auf Gypsplatten, d. h. auf dem Einsaugevermögen der letzteren, die eine Folge der Porosität ist. Etwas Aehnliches liegt beim Glasiren zu Grunde, wie weiter unten angegeben wird. Wird eine trockne Gypsform in Wasser getaucht, so wird sogleich ein bestimmter Theil davon in die Poren aufgesaugt, die sich damit füllen; war das Wasser trübe, z. B. Thon darin zertheilt, so findet zugleich eine Filtration Statt, und aller Thon, der in dem eingesaugten Wasser enthalten

Durch Gießen.

Durch Gießen. war, wird an der Oberfläche des Gypses zurückbleiben und sich dort anhäufen und verdichten. Die Dicke der entstandenen Thonschichte hängt von der Dauer der Operation, von der Masse und Trockenheit der Form und endlich von der Natur und Verdünnung der Thonmasse ab. Die sehr bildsame Masse und reiner Thon bilden nämlich sehr frühe eine Art undurchdringliche Kruste, die alle weitere Verdickung unmöglich macht, während der Fluß in den Porzellanmassen die Theilchen von einander getrennt hält, und bewirkt, daß die Absorption, welche die letzten Schichten bildet, durch die bereits vorhandenen ersten Schichten hindurch stattfinden kann. Zu dem Behufe des Gießens muß die Masse zu einer dicklichen, aber vollkommen flüssigen Schlempe angerührt, und diese durch Siebe gelassen werden, damit alle Körnchen und Luftblasen zurückbleiben. Gesezt nun, man wolle

Fig. 202.



eine Milchkanne, Fig. 202., gießen, so wird der Fuß *c*, der Bauch *b*, der Hals *a* und der Henkel *d*, jedes in einer besonderen Form gegossen; eine solche Zerlegung ist deshalb erforderlich, weil überhängende Theile, wie der Ausguß von *a* z. B., sich nicht gut herstellen lassen. Deshalb ist denn auch der Hals *a* in seiner Form, Fig. 203., in umgekehrter Stellung *a'*; *m* und *m'* ist die Formwand, *o* die Einguß-, *i* die Abflußöffnung. Dasselbe bezeichnen die gleichen Buchstaben in der Form des Fußes, Fig. 204., worin *c'* der Raum für den Fuß bedeutet. Beide Formen

Fig. 205.

Fig. 203.

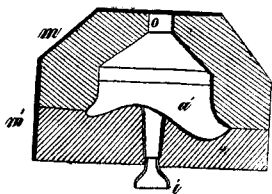
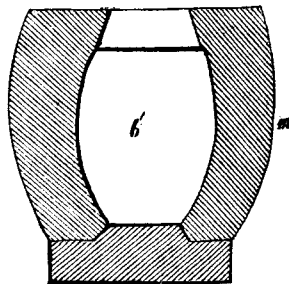
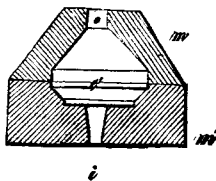


Fig. 204.



werden unten geschlossen, dann gänzlich mit der Flüssigkeit angefüllt, worauf man nach Umständen 2 bis 5 Minuten wartet und dann rasch unten abzapft. Es findet sich eine Schicht von 1 bis 2 Linien verdichtet. Die Form für den Bauch *b'*, Fig. 205., wird ebenso behandelt, aber durch Umkehren entleert. Sämmtliche einzelne Theile werden, nachdem die Eingüsse abgeschnitten sind, noch weich aneinandergesügt und vereinigt, wobei sich gerade gegossene Theile so dicht fügen, daß keine Spur einer Naht zurückbleibt. Der Henkel wird erst später angefügt.

Das Gießen von Porzellanwaaren ist noch nicht viel vervollkommenet und nur in geringem Umfange ausgeführt worden; da die gegossenen Gegenstände so lange in der Form verbleiben müssen, bis sie die gehörige Festigkeit besitzen, so nehmen sie Zeit und viele Formen in Anspruch. Ferner können viele Dinge, ihrer Ge-

stalt wegen gar nicht oder nur stückweise gegossen werden; aus einem flaschenförmigen Gefäße mit engem Halse z. B. läßt sich der überschüssige Thon nur ausgießen entweder durch ein Loch im Boden, was unthunlich, oder durch Umkehren der Mündung nach unten. Alsdann würde jedoch die Flüssigkeit wegen der engen Mündung stoßweise ausfließen und den Ansatz von der Wand abspülen. Es bleibt also nur der Ausweg, die zwei Hälften besonders zu erzeugen und an einander zu fügen. In Sèvres werden Röhren, Retorten, Platten und Malerpaletten regelmäßig gegossen; ebenso Säulen und Möbelfüße

Niemals geht die Arbeit ohne Fehl und tadellos aus der Hand des Formers hervor, sondern es bleiben demselben gewisse, zum Theil mühsame und umständliche Nachbesserungen übrig, nämlich: das Abdrehen, das Ausbessern (Retouchiren), Verzieren durch Boffiren und endlich das Ansetzen von besonders geformten Theilen.

Abdrehen
und
Nachbessern.

Viele auf der Töpferscheibe geformten Gegenstände werden anfänglich in einer größeren Wanddicke ausgearbeitet, als das Stück bei seiner Vollenbung haben soll, und der Ueberschuß dient dazu, um durch Abdrehen mit Genauigkeit die Reinheit des Umrisses und die richtige Dicke zu erzielen. Es ist diese Arbeit dasjenige mit dem Thone vorgenommen, was der Drechsler mit Horn, Metall oder Holz thut. Zu dem Ende muß die Masse soweit getrocknet sein, daß sich ein zusammenhängender Spahn davon schneiden läßt, der weder zerbröckelt, noch anklebt. In diesem Zustande befestigt man den Gegenstand durch Beseuchten des Bodens auf die Gypsplatte der Töpferscheibe; meistens ist die Axt derselben horizontal für diese Zwecke gelagert und die Arbeitsstücke werden auf ein Futter aufgezogen, so daß sie im Wesentlichen mit einer gewöhnlichen Drehbank zusammensfällt. Statt der Meißel dienen gewöhnliche flache, scharfe Klingen. — Die Hauptverrichtungen des Ausbesserns bestehen in der Wegnahme der Röhre oder fadenförmigen Hervorragungen, welche jedesmal da entstehen, wo die Masse in die Fugen der Formtheile eindringt; solche Röhre kommen wieder beim Brennen zum Vorschein, wenn sie durch Niederdrücken, nicht aber wenn sie durch Wegschneiden entfernt werden.

Ferner gehört hierher die sorgfältige Ausfüllung aller Risen u. oder Einbrüche, die etwa entstanden sind u. s. f. Unter die mühsamsten Arbeiten gehören aber die durchbrochenen Arbeiten; das Durchbrechen kann nämlich beim Formen nur angedeutet werden, und muß nachher, bei Rörbchen z. B., mit einer schmalen Klinge im Einzelnen ausgeschnitten werden. — Zu den Nacharbeiten der dritten Art gehören verschieden nachträgliche Verzierungen, die man auf die, im Uebrigen fertigen Gefäße, mittelst einer Art gravirter Stempel, in Gestalt eines Petschaftes oder einer Rolle, aufdrückt. Bei demjenigen Grade der Consistenz, der für solche Verzierungen, wie Rosetten, Cannelirungen u. erforderlich ist, ist sehr zu beachten, daß fette Oele das Anhängen der Stempel nicht, aber Terpenthinöl sehr leicht verhindert.

Schon bei mehreren Gelegenheiten ist im Vorhergehenden darauf hingewiesen worden, daß besonders hervorragende Theile, wie stark erhabene Verzierungen, Henkel, Knöpfe, Füße, Ausgüsse u. stets für sich geformt und dann angefügt werden. Für weniger einfach gestaltete Theile der Art ist die Formung die in Gypsformen; schlichte Henkel von gleichbleibendem Querschnitte erhält man da-

durch, daß man weißen Thon, wie Mueln z. B., aus einer Oeffnung herauspreßt, welche diesem Querschnitte entspricht. Man bekommt so ein Band, was nur in der rechten Länge abgeschnitten und gehörig gebogen zu werden braucht, um einen Henkel zu bilden, wie sie an allen gewöhnlichen Geschirren sind. Bei allen Theilen dieser Art geschieht die Befestigung durch Ankleben, nachdem man beide Oberflächen durch Rigen oder Einschnelden rauh gemacht und mit Thonschlicker bestrichen hat, mit äußerst gelindem Drucke. Alle Veränderungen beim Trocknen und Brande, welche die Masse der Garnitur und des Körpers nicht zugleich und in gleichem Grade erfahren, wirken darauf hin, beide wieder von einander zu trennen, also Risse und Verschiebungen zu erzeugen. Deshalb sollen beide Theile möglichst in gleichem Zustande der Trockenheit, beide Oberflächen auf gleiche Weise gebildet (d. h. beide abgedreht, oder in Gyps geformt ic.) sein und muß beim Auftragen des Schlickers jeder Ueberschuß vermieden werden, damit dessen Ueberschuß an Feuchtigkeit und stärkerer Zusammenziehung beim Trocknen, wenigstens durch seine verschwindende Masse wieder aufgehoben werde. Ganz dasselbe gilt für das Aneinanderfügen der stückweise geformten Waaren, wobei man die Verbindungsflächen am besten abschrägt.

Ganz feine durchbrochene Arbeiten, wie z. B. Spizen an der Draperie kleiner Figuren und Statuetten, wie sie jetzt Mode, werden gar nicht geformt, sondern sehr sinnreich durch Eintauchen wirklicher Spizen (Züll ic.) in Schlicker hergestellt, die man dann trocknen läßt. Beim Brennen wird hernach der Kern (das Gewebe) zerstört.

Das Trocknen
der Waaren.

Wenn sich das Wasser, welches jede Masse im Zustande ihrer Bildsamkeit enthält und enthalten muß, durch Trocknen entfernt, so werden die festen Theilchen in dem Maaße einander näher rücken, als die zwischen denselben gelagerte Feuchtigkeit verschwindet, d. h. es findet eine Volumverminderung, ein Schwinden Statt; es werden dabei die richtigen Verhältnisse unangetastet bleiben, wenn diese Schwindung, also auch die Trocknung, gleichmäßig, sie werden verloren gehen und verzogen werden, wenn sie ungleichmäßig vor sich geht. Aus diesen Gründen ist man gezwungen, die geformten Gegenstände nicht in Trocknöfen, noch im Sonnenschein, noch durch Luftzug, sondern bei gewöhnlicher Temperatur im Schatten zu trocknen, um so mehr, da die Erfahrung gelehrt hat, daß rasch getrocknete Gefäße nur äußerlich trocknen und im inneren Kerne der Wandung Feuchtigkeit zurückhalten, wodurch sie im Ofen oft mit Explosion zersprengt werden. Nach dem gewöhnlichen Verfahren überläßt man die auf Brettergerüsten gereihten Waaren so lange sich selbst, bis sie keine Feuchtigkeit mehr verlieren.

Die Glasur.

Die Glasur ist an einigen Orten (Berlin, Nymphenburg, Meissen) aus Kaolin, Gyps und Porzellanscherben zusammengemischt, also ein Thonerde Kalt-Glas, welches kein anderes Kali enthält, als das wenige, was der dem Kaolin anhängende Feldspath und die Scherben mit sich bringen. In Sevres besteht die Glasur einzig und allein aus dem Pegmatit von St. Vrieir, also aus Quarz und Feldspath. Wenn nun auch das Verhältniß beider in kleineren Stücken außerordentlich wechseln kann, so hört dies doch schon auf bei so großen Quantitäten, wie sie in Sevres verarbeitet werden; denn die Analysen, die man daselbst nacheinander von jeder Sendung, und zwar von der feingeschlämmten Glasur gemacht hat, worin nunmehr Alles

homogen gemischt ist, weichen kaum von einander ab. Sie gaben im Mittel 74 Kiesel-erde, 17 Thonerde und 9 Kali (mit etwas Kalk und Bittererde), was ganz mit der Formel: $2(\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{Si}_2) + \text{KO}, 3\text{SiO}_2$ übereinstimmt. Es hängt Alles von der richtigen Schmelzbarkeit der Glasur ab; ist diese zu gering, so wird sie nicht flüssig genug werden, um einen glatten Spiegel zu bilden und dadurch wellig aussehen; im Gegentheile wird eine sehr leichtflüssige Glasur schon flüssig sein, wenn die Masse noch ungahr und porös ist und die Glasur einsaugt, wodurch die Oberfläche rauh und trocken erscheint. — Daß alle Bestandtheile der Glasur feingemahlen, geschlämmt und genau gemengt werden müssen, versteht sich von selbst. Es geschieht dies gerade so, wie mit der Masse.

Der ungeheure Mehrbetrag aller Porzellanwaaren wird mit Glasur über- Das Glasur-
siren.
zogen, welche nur dadurch rasch und gleichmäßig kann aufgetragen werden, daß man die Gefäße in die mit Wasser zu einer Schlempe angemachte Glasur eintaucht. Bloß getrocknete Waaren würden zu langsam einsaugen und der Gefahr des Erweichens Raum geben. Es bleibt also nur das Auskunftsmittel, dieselben durch eine Art Brennen vorzubereiten, d. h. dem Feuer so schwach auszusetzen, daß sie völlig porös bleiben und mit Begierde Wasser einsaugen; aber auch stark genug, daß sie ihre Aufschlammbarkeit und Erweichbarkeit in Wasser verlieren. Das Porzellan wird in diesem einmal gebrannten Zustande sehr uneigentlich biscuit (Zwieback), besser verglühte Waare genannt; in die Glasurbrühe eingetaucht, wird es alsdann eine bestimmte Menge Wasser einsaugen und die Quantität feiner Glasur, welche darin zertheilt war, verdichtet auf seiner Oberfläche zurücklassen. Diese Quantität, also die Dicke der Glasur hängt davon ab, ob die Wandungen mehr oder weniger massiv und porös sind; sie hängt ab von dem Gehalte der Brühe an Glasur, von der Dauer des Eintauchens und dem Feuchtigkeitszustande des Biscuits. Demnach sind viele Ursachen da, um den Ansaß der Glasur ungleich zu machen, was man in der Praxis durch ein gehöriges Brennen des Biscuits und Mischung der Glasur vermeidet, welche es möglich machen, gleichsam durch ein augenblickliches Eintauchen (20 bis 40 Secunden) zu glasiren. Je schneller dies Geschäft, um so weniger ist Raum für Ungleichheiten, wenn man nur die Waaren an denjenigen Theilen zuerst aus der Glasurschlempe herauszieht, mit denen sie zuerst eingetaucht wurden und umgekehrt. — Da wo der Arbeiter beim Herausziehen ansaßt, fehlt die Glasur und muß mit einem Pinsel nachgeholt, und umgekehrt, dort weggenommen werden, wo sie zweckwidrig sein (Deckelfalzen u.) oder ein Ankleben beim Brennen verursachen würde.

Es versteht sich von selbst, daß die Glasur sich während der Arbeit nicht absetzen darf, wenn letztere gleichförmig bleiben soll. Gewöhnlich begnügt man sich, die Flüssigkeit zu bewegen, oder man mischt dem Wasser Substanzen zu, welche das Absetzen verzögern; bei einigen ist der Erfolg erstaunlich, besonders beim Essig. So bedurfte z. B. die Glasur in Wasser von 20° C. 4½ Stunden, in Wasser von 65° C. 3 Stunden, in Wasser mit ¾ Essig 6 Stunden, in Wasser mit 1/22 arab. Gummi 8 Stunden, um sich gleich viel abzusetzen, und zwar unter ganz gleichen Umständen.

Will man an irgend einer Stelle eine dünnere Glasur als an einer anderen, so muß erstere etwas befeuchtet werden; Stellen, die frei bleiben sollen, müssen

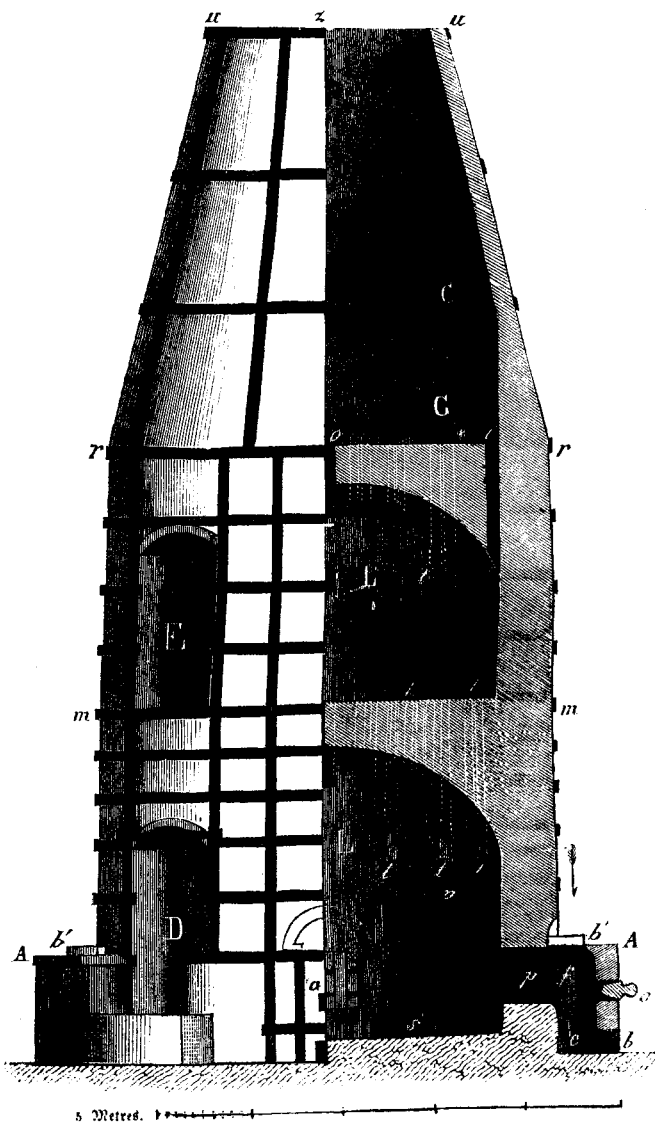
mit einer Mischung von Wachs und Talg überzogen werden; auch nimmt man oft einen Theil der Glasur durch Bürsten; oder alle durch Schaben weg.

Die Ofen. Das Gahrbrennen der eigentlichen Masse der Porzellanwaaren, wobei diese dicht, glasig und durchscheinend wird, geschieht zu gleicher Zeit mit dem Aufbrennen der Glasur in einer und derselben Operation; es geht daraus hervor, daß die Glasur genau so gemischt sein muß, daß ihr Schmelzpunkt mit dem Hitzegrade zusammenfällt, den die Masse bedarf, um gahr zu werden. Der Ersparniß wegen benutzt man die von diesem sogenannten Glattbrennen abfallende Hitze zum sogenannten Verglühn, worunter jenes Gelindebrennen als Vorbereitung zur Glasur zu verstehen ist.

Es bedarf zum Glattbrennen des Porzellans, vermöge seiner chemischen Natur und der bedeutenden Härte der Glasur, der höchsten Hitzegrade, die technisch erzeugt werden, und zwar um so mehr, weil das Porzellan bei der Weiße der Masse, Durchsichtigkeit der Glasur und Weichheit derselben im Ofen, unmöglich entblößt und unmittelbar dem Feuer kann ausgesetzt werden, ohne durch Verunreinigung zu verderben. Alles Porzellan (wie viele andere Thonwaaren) wird darum beim Brennen in thönerne Büchsen (Kapseln) eingeschlossen. Eben diese hohe Temperatur, die nothwendig leicht zu reguliren, gleichmäßig und sicher zu treffen sein muß, weil sonst großer Schaden durch Zerspringen, Biegen oder Zusammenschmelzen der Waaren entsteht, — dieser Hitze grad, verbunden mit der beträchtlichen Quantität des erzeugten Gutes und den Kapseln erfordern schon größere und zugleich eigenthümliche Ofeneinrichtungen, die diesem Zwecke angemessen sind. Zunächst ist es klar, daß man die Porzellanwaaren nicht mit dem Brennstoffe unmittelbar zusammenbringen, oder in das Feuer selbst setzen kann, ohne die Leitung desselben bedeutend zu erschweren und in den Fehler ungleicher Erhitzung zu verfallen. Alle Thonwaaren werden darum nur in Flammenfeuer gahr gebrannt, welches in einem besonderen, getrennten Feuerheerd erzeugt wird, womit sie nicht in Berührung kommen. Alle Töpferöfen sind folglich Flammöfen. Man hat dabei den Vortheil, daß die Flamme den zu brennenden Gegenstand viel vollkommener einhüllt, mithin gleichförmiger erhitzt, als der feste Brennstoff, und daß die Leitung viel sicherer wird. Da ferner die Hitze in einem Flammofen, wie der Seite 231 abgebildete, höchst ungleich, und in der Gegend der Feuerbrücke viel höher ist, als nach dem Schornstein zu, so ist eine solche einseitige Heizung bei weitem nicht so zweckmäßig, als diejenige, welche die Form der Glasöfen bedingt, wo das Feuer in der Mitte, statt an der Seite liegt. In der That kommen die Porzellanöfen mit den Glasöfen am nächsten überein, sofern sie stehende Flammöfen sind, nur anstatt eines einzigen Feuerheerdes im Centrum, mehrere an der Peripherie besitzen. Unter einem solchen Ofen muß man sich also ein rundes Zimmer vorstellen, auf dessen ebenem Boden die Waaren in ihre Kapseln eingeschlossen, zu Säulen aufgeschichtet sind; von unten, und zwar rings am Umfange des Bodens her, schlagen Flammen durch eine Anzahl weiter Kanäle, die mit ebenso vielen außen angebrachten Feuerherden in Verbindung stehen. Diese Flammen füllen den ganzen Raum aus, indem sie zwischen den aufgeschichteten Kapseln sich durchwinden, um durch verschiedene Ab-

zugslöcher in der Decke zu entweichen. Sie gehen dann gewöhnlich in einen ähnlichen Raum, der gleichsam den zweiten Stock bildet, und dienen dort zum Verglühen. Das Nähere wird aus dem hier abgebildeten Porzellanofen von Sevres deutlich werden, von dem Fig. 206. zur Hälfte die äußere Ansicht, zur Hälfte den senkrechten Durchschnitt angiebt, während Fig. 207. rechts den

Fig. 206.

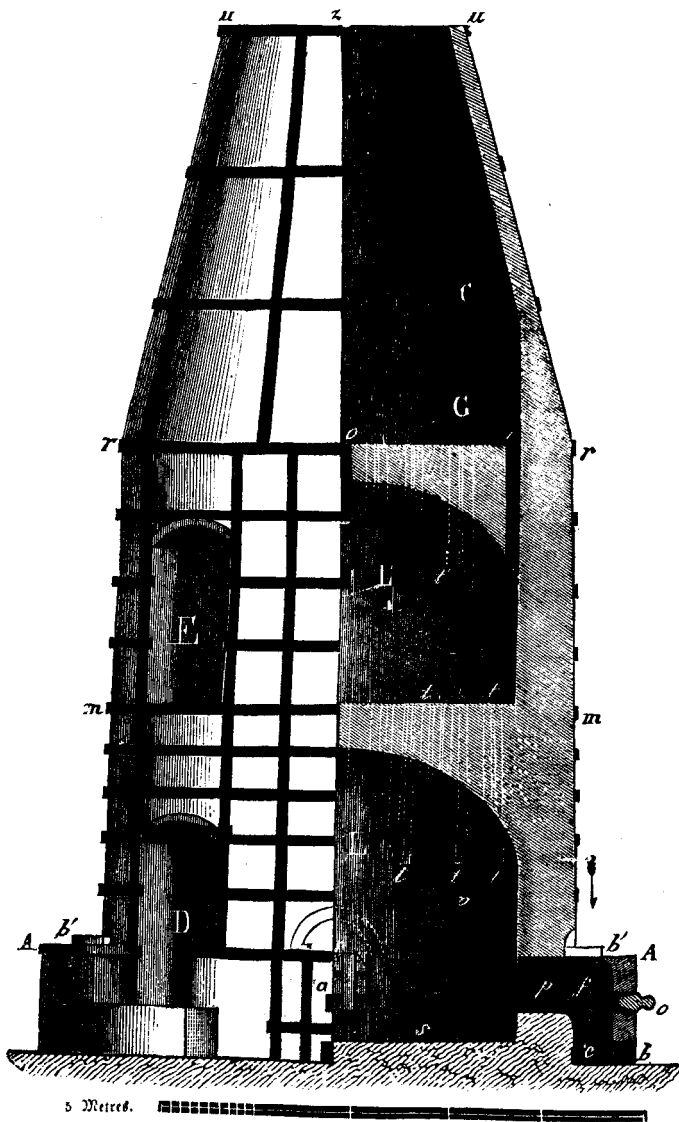


horizontalen Durchschnitt durch die Feuerherde, links den Durchschnitt durch den oberen Raum giebt. Der Ofen hat 4 getrennte Feuerherde *A, A, A, A* (ist vierschürig), welche den Glattbrennraum *L*, den Verglühraum *L'* und einen dritten, ebenfalls zum Verglühen oder zum Kapselbrennen tauglichen Raum *G* heizen, der dann in die Esse *C* übergeht. — Die Feuerherde der Porzellanöfen sind ganz eigenthümlich, ohne Kofst, und weichen darin von einander ab, daß der Zug den umgekehrten Weg geht. Der Raum *c* ist mit Kohlen-

Die Oefen.

gluth angefüllt, darauf legt man das Holz in kleingespaltenen Scheitern, die so lang gefägt sind, daß sie gerade in die Oeffnung b' passen und den Raum f also ganz bis in die Ecken ausfüllen. Der Zug geht also erst abwärts (nach dem Pfeile) durch b' und die Zwischenräume der Holzschichte in f , trifft das brennende Holz zwischen f und c , erzeugt dort eine lange Flamme, die durch p in den

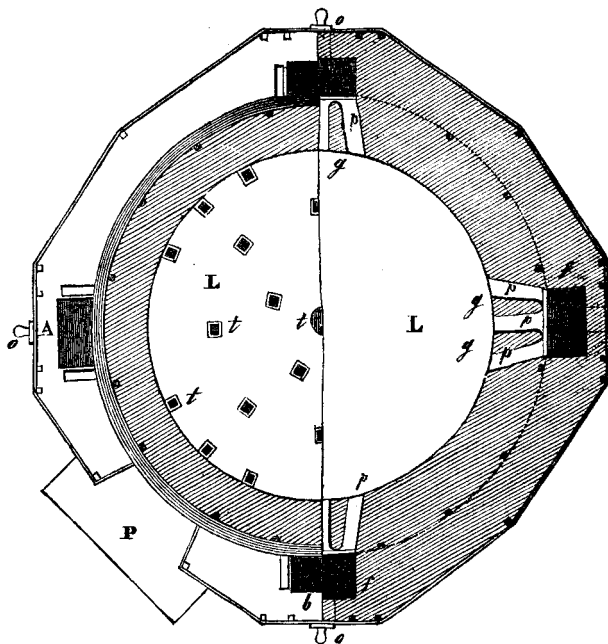
Fig. 207.



Ofenraum L strömt, wo sich die Verbrennung vollendet. Während bei Roßfeuerungen die Gluth unmittelbar von der kalten Luft getroffen und dadurch die Verbrennung stets herabgestimmt wird; so wird bei dieser Einrichtung im Gegentheil dem Mittelpunkte der Verbrennung nur Luft zugeführt, die sich in den oberen Holzschichten bereits vorgewärmt hat; auch wird alle durch Strahlung entweichende Wärme von diesen Schichten aufgefangen, und während bei dem Roßfeuer die erzeugte Flamme zuletzt durch den frisch aufgelegten

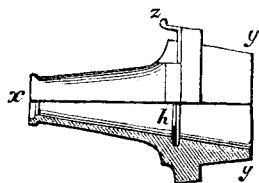
Fig. 208.

Die Ofen



Brennstoff streicht und sich abkühlt, so ist sie in diesem Falle dagegen durch ihre umgekehrte Richtung geschützt, folglich ist hier die Verbrennung am vollkommensten, um so mehr, da der ganze Feuerherd von Backsteinen ist, die wenig Hitze weggleiten, und weil der Zug in dem weiten Raume *L* an Geschwindigkeit verliert und mithin die Flamme Zeit gewinnt zu einer vollständigen Verbrennung. Die runde Oeffnung *o* ist für gewöhnlich mit einem Thonstöpfel verschlossen und dient zum Aufedumen des Feuers; *b* am Fuße des Feuerherdes zur Beseitigung von Kohlen und Asche, wenn es nöthig. Mittelft des Deckels von *b'* kann man den Zug reguliren. Die Oeffnung, oder der Fuchs, ist durch die Zungen *g, g* in drei Kanäle *p, p, p* getheilt, um die Flamme besser auszubreiten. — *D* und *E* sind die Thüren zum Einsetzen der Waaren. In der gewölbten Decke des Raumes *L* sind 25 Oeffnungen *t, t . . .* ausgespaart, um das Feuer in den Raum *L'* abzuleiten. Eine einzige Oeffnung in der Mitte würde die Flamme, anstatt ausgebreitet zu erhalten, vielmehr zusammenziehen. Aus gleichem Grunde sind in der Decke von *L'* ähnliche, aber nur halb so viele Oeffnungen *t', t' . . .* angebracht. In dem Raume *L* sieht man bei *o* die Probeöffnungen, welche dazu bestimmt sind, an der Farbe des Feuers und an dem Ansehen von kleinen Probestücken, die man durch eine Oeffnung der gegenüber stehenden Kapsel herausnehmen kann, den Gang des Feuers zu beurtheilen. Solche Probestücke sind ganz einfach, nur Scherben mit Glasur versehen, aus deren Beschaffenheit, und Grad der Schmelzung man auf die Gahre der eingesetzten Waaren schließt. Von

außen ist in die Probeöffnung o die Röhre, Figur 209., mit dem hinteren Theile y, y eingelassen; sie ist vorn mit einer Glas-



scheibe geschlossen, um den Eintritt der Luft abzuhalten, und mit einem eisernen Schieber z in dem Falz h versehen. Das Ofengebäude, welches meist über 20 Fuß Durchmesser und die doppelte Höhe hat, ist inwendig aus feuerfesten Steinen gebaut, die äußerlich mit einem Mantel von gewöhnlichen Backsteinen umgeben sind. Das Ganze ist in Eisen m ,

r, u, z gebunden, um es gegen das Auseinanderfallen zu schützen, welches die unvermeidliche Folge der starken Ausdehnung durch Wärme sein würde; damit die eisernen Reifen m etwas nachgeben können und nicht zersprengt werden, so sind sie mit elastischen Haken geschlossen.

In Deutschland sind die Defen nicht wesentlich abweichend; sie sind fünf- schürig und der Oeffnungen t und t' weniger (nur 7), die dann aber weiter und mit kleinen Kaminen überbaut sind, die in den Raum L' hineinragen.

Doppelöfen.

Man sollte denken, es müsse eine bedeutende Ersparniß gewähren, zwei Defen übereinander zu stellen, oder die beiden Etagen eines Ofens, jede mit Feuerungen zu versehen, um in beiden glatt zu brennen. Es würde dann in den Feuerungen der oberen Etage so viel Holz erspart, als dieselbe Hitze von der unteren durch die Gewölboeffnungen empfängt. Diese Idee ist wirklich in Sevres zur Ausführung gekommen, hatte jedoch bei weitem nicht den gehofften Erfolg.

Die Porzellanöfen dauern viel länger als die Glasöfen, weil sie nicht durch das verdampfende Alkali leiden; die in Sevres dauern im Mittel 300 Brände; manche (an anderen Orten) hielten 30 Jahre oder 1500 Brände aus.

Ein trocknes Fundament, welches möglichst wenig Abkühlung bedingt, ist vor Allem Hauptsache, denn die Erfahrung hat gelehrt, daß die Defen in diesem Punkte über jede Erwartung empfindlich sind.

Der Brenn-
stoff.

In Betreff des Brennmaterials ist der Porzellanmacher in viel höherem Grade beschränkt, als andere Gewerbetreibende. Wie aus dem Obigen hervorgeht, sind die flammgebenden Brennmaterialien ausschließlich anwendbar und um so besser, je länger und lebhafter die Flamme. Eine zweite, nicht minder wesentliche Anforderung an einen Brennstoff ist die, möglichst wenig Asche u. dgl. durch die Flamme in den Ofen zu verschäuben, weil diese selbst in die Kapseln eindringt und dunkle Punkte auf der Glasur bildet. Dieser letzte Grund ist es hauptsächlich, warum fast an allen Orten Holz, und nur selten, wie in Meissen, Stein- und Braunkohlen gebrannt wird. Selbst unter den Hölzern wählt man meist die leichten, wie Pappel (in Sevres), Nadelholz (in Deutschland) und spaltet sie klein; auf diese Weise bringt man es dahin, daß unter übrigens gleichen Umständen mehr Holztheile zerseht werden und mehr Flamme gebildet wird, als bei jeder andern Feuerung. Eine künstliche Trocknung des Holzes findet nicht Statt, man braucht es lufttrocken mit einem Gehalte von 6 bis 10 Procent Feuchtigkeit. — In Berlin ist Torf probirt worden, jedoch ohne genügende Resultate, was die Reinheit der Waaren anbelangt.

Wie bereits bemerkt worden, ist es eine Unmöglichkeit, die feineren Thonwaaren, ganz besonders aber das Porzellan, nackt im Feuer zu brennen; sie erheischen, um rein und unverletzt in Glasur zu bleiben, ein Einsetzen in thönerne Kasten oder Büchsen, sogenannte Kapseln. Diese unentbehrlichen Hülfsmittel sind von so bedeutendem Einflusse auf das Gelingen und den Preis des Porzellans, daß sie einige Worte der Erörterung verdienen.

Die Kapseln und deren Zubehör müssen jedenfalls strengflüssiger und schwerer erweichbar sein, als das Porzellan, welches sie einschließen; sie müssen ferner der Ausdehnung der Hitze nachgeben, ohne zu brechen oder zu reißen; aus einer Masse bestehen, die nicht schwierig zu formen, noch zu hart ist, um nach dem Brennen (wie die Untersätze) ebengeschliffen zu werden, und dürfen vor allen Dingen keine Theile eingemengt enthalten, die im Feuer verknistern oder zersplittern und dadurch Staub oder Sand auf die Glasur der Geschirre fallen lassen, die dadurch verdorben werden. Fügt man zu diesen Anforderungen noch die weitere hinzu, daß die Kapseln stark genug sein müssen, um vorkommenden Falls das Gewicht einer ganzen Säule solcher Kapseln zu tragen, die darauf lasten, so wird man begreifen, daß eine Porzellantöpferei schon ganz besonders begünstigt sein muß, um ein passendes Material in der Nähe zu finden; auch ist die Güte dieser Dinge an verschiedenen Orten ausnehmend ungleich. Ganz allgemein werden die Kapseln aus plastischem Thon und sogenanntem Cement zusammengemischt. Der erstere giebt ihnen die Feuerfestigkeit, schwindet aber für sich so stark, daß die Kapseln reißen würden, wenn man ihn nicht mit Cement versetzte, ein Material, was entweder gar keiner Schwindung im Feuer fähig ist, wie Sand, oder schon erlitten hat, wie gemahlene Scherben von gebrauchten Kapseln. Auch die Feinheit, das Korn des Cements ist von Einfluß, sowie der Hitzgrad, bei dem die Schwindung hauptsächlich vor sich geht.

In Sevres besteht die Kapselmasse aus $\frac{2}{3}$ plastischem Thone (bald geschlämmt, bald aus besseren und geringeren Sorten gemengt) und $\frac{1}{3}$ gemahlenen Kapselscherben oder ebenso viel von einem Gemenge aus gleichen Theilen Scherben und geknirschem Quarzsand. — In Meissen pflegt man $\frac{3}{5}$ Thon auf $\frac{2}{5}$ Cement, in Berlin auf $\frac{2}{3}$ Thon, $\frac{1}{3}$ Cement zu nehmen. Während nun die Kapseln in Sevres 15 Brände und mehr aushalten, ertragen die Wiener nur 4 bis 5, die Berliner nur 2 bis 3; an dem letzteren Orte beträgt der Verlust durch Kapseln, die unbrauchbar werden, bei jedem Brande fast 30 Thlr.; in Meissen gehen bei jedem Brande 20 pCt. der Kapseln verloren. Diese Verschiedenheiten beruhen einzig in der selbst an demselben Fundorte so häufigen Ungleichheit der plastischen Thone, und der Schaden ist um so bedeutender, weil man die schlechten Kapseln nicht so hoch aufschichten kann, als die besseren.

Zufolge der Beobachtung pflegen die Kapseln oft, wie man sagt, die Glasur der Geschirre aufzusaugen, d. h. durch chemische Anziehung des Kalis dessen Verflüchtigung zu befördern, indem die innere Oberfläche der Kapsel dasselbe fortwährend aufnimmt und sich damit glasirt. Dem läßt sich durch absichtliches Glasiren derselben Oberfläche leicht begegnen.

Es ist von äußerster Wichtigkeit, die Schwindung der Thonwaaren beim Einsetzen gehörig zu berücksichtigen. Bei dem mehr erweichten Zustande jener

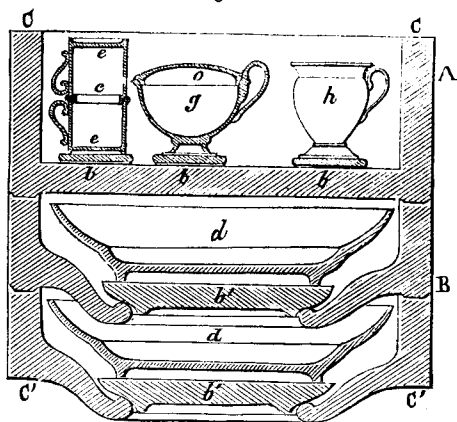
Masse der Kapseln.

findet leicht eine Verbiegung Statt, wenn der Zusammenziehung einseitig Hindernisse im Wege stehen. Diese bietet der rauhe, oft verworfene Kapselboden hinreichend, um besondere Unterlagen nöthig zu machen.

Form der
Kapseln.

Die Form, die man den Kapseln zu geben hat, ist ein Gesichtspunkt von vielleicht noch größerer Wichtigkeit, weil eben davon und von der Einrichtung derselben überhaupt, die Menge der Waaren abhängt, die auf einmal in den Ofen gebracht werden kann. Je mehr Geschirre aber an einem Brande theilnehmen, um so mehr werden die großen Kosten der Feuerung sich vertheilen und für das einzelne Stück gering werden. Es hängt also die Wohlfeilheit in hohem Grade von der ökonomischen Benutzung des Ofenraumes und dadurch von der Einrichtung der Kapseln ab, denn die Heizung wird nahe ebenso viel kosten, ob man den Ofen ganz oder halb füllt.

Fig. 210.



Alle Kapseln haben die Gestalt von flachen Cylindern, wenn nicht besondere Fälle eine Ausnahme erheischen. Ursprünglich war der Boden derselben flach und eben und jeder Kapsel diente der Boden der nächst darüberstehenden als Deckel, wie noch jetzt für kleinere Hohlgeschirre (Fig. 210), von denen mehrere in derselben Kapsel Raum haben. Um denselben eine ganz ebene Unterlage zu geben, setzt man sie auf eben- geschliffene kleinere Scheiben *b, b'* aus Kapselmasse (Pumpe), die leicht ausgewechselt und jedesmal

nachgebeßert werden können. An den Stellen, wo die Geschirre diese völlig horizontal gerichtete Unterlage oder einander selbst berühren, muß sorgfältig die Glasur weggenommen werden, und selbst da, wo noch durch Erweichen der von Glasur entblößten Masse ein Ankleben zu befürchten steht, verhindert man dies durch untergestreuten Sand.

Seit dem Jahre 1800 hat man angefangen, denjenigen Kapseln, die für offene Hohlwaaren dienen, wie Teller, Schüsseln, Näpfe etc., einen ausgebo- genen Boden zu geben in der Art, daß der Boden jeder oberen zum Theil in die untere Kapsel, und zwar in die Höhlung des darin befindlichen Geschirrs hineinragt; durch diese halbe Einschachtelung wird beträchtlich an Raum ge- wonnen, so daß z. B. nunmehr 29 bis 30 Teller eingekapselt dieselbe Höhe einnehmen, die sonst von 20 schon weggenommen wurde. Zugleich, wie Fig. 210. und 212. zeigt, ist der Boden der Kapseln *c', c', c'* offen, nur ein Ring, der durch die Pumpe *b, b'* geschlossen wird; dadurch kann die Kapselmasse besser der Ausdehnung und Schwindung nachgeben, ohne zu brechen.

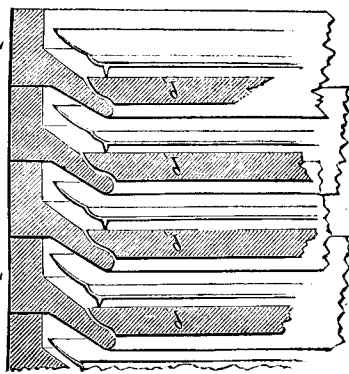
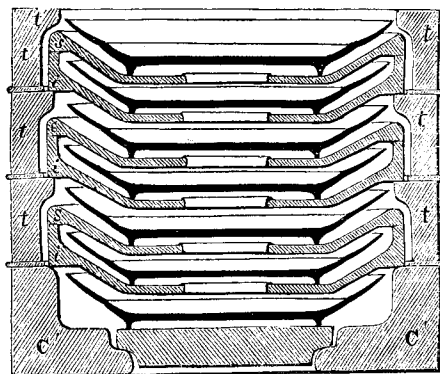
Endlich 1839 ist eine Einrichtung der Kapseln von Regnier in Sèvres erfunden und bekannt gemacht worden, die noch ungleich größere Vortheile ge-

währt. Wie aus der Fig. 211. hervorgeht, ist nach Regnier ein Teller z. B. eigentlich in eine doppelte Kapsel, eine äußere und eine innere, eingefügt.

Form der
Kapseln.

Fig. 211.

Fig. 212.

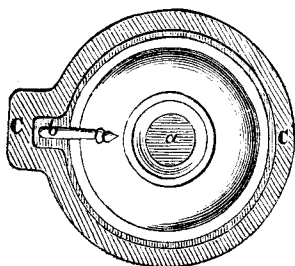


Bei der äußeren ist diesmal der Boden gänzlich weggeblieben; sie besteht nur aus einem Ringe *t, t* mit einspringenden Randleisten, welcher jedesmal zwei Teller und somit auch zwei Tellerkapseln *i, i...* und *s, s, s...* umfaßt. Die Ringe *t t* sind von gewöhnlicher, die Kapseln *i* und *s* dagegen von einer feineren Masse, die wenig schwindet und weder Krätze noch Splitter fallen läßt. Je zwei Kapseln *i* und *s*, bilden ein geschlossenes Gefäß, dessen Seitenwand von dem senkrechten Rande der unteren Hälfte *i* gebildet wird, der der oberen fehlt. In jedem Gefäße der Art sitzt ein Teller und ein zweiter zwischen je 2 solchen Paaren. Die abweichende Gestalt der untersten Kapsel *C'* ist von selbst klar. Mittelfst dieser Methode ist man im Stande, in den Raum, der nach der alten Art 20, und nach der späteren 29 bis 30 Teller faßte, nunmehr 51 bis 52 zu bringen. Diese Raumerparniß, der Höhe nach etwa 75 pEt., beträgt bei weniger flachen Geschirren nur 45 bis 25 pEt.; dagegen kostet der Brand von 100 Tellern, alle denkbaren Unkosten eingerechnet, nach der seitherigen Art 110 Fr., nach Regnier 70 Fr., also 36 pEt. weniger zu Gunsten der letzteren.

Viele Gefäße, die sich vermöge einer sehr geschweiften oder ähnlichen Form leicht verziehen, müssen durch besondere Vorrichtungen im Feuer gestützt oder geradegehalten werden. In Fig. 210. z. B. sieht man die beiden übereinander-

gestürzten Tassen *ee* durch einen Ring *c* getrennt, der oben und unten eine Rinne hat, um den Saum jeder Tasse aufzunehmen; ferner ist die Schale *g* mit einem Deckel *o* versehen, der nicht zum fertigen Gefäße gehört und nur dazu dient, den Rand rund zu erhalten; die Kante dieses Deckels ist conisch abgeschragt, und dieser also im Stande, nach Maßgabe der Schwindung um so viel tiefer einzusinken. Für größere Gegenstände mit Henkeln *b*, (Fig. 213.) die in großer

Fig. 213.



Das Einsetzen. Anzahl gebrannt werden, wird die Kapsel *c, c* mit einem besonderen Vorsprunge zur Aufnahme des Henfels versehen

Das Gelingen eines Brandes — vorausgesetzt, daß alle Kapseln gehörig vorgerichtet und gereinigt sind — ist nur dann zu erwarten, wenn alle in dem Ofen befindliche Stücke die richtige Hitze empfangen — also weder aus Mangel an Feuer ungarh bleiben, noch auch bei zu starkem Feuer erweichen oder schmelzen — wenn dieselben eine hinreichend sichere Stellung haben, um nicht durch Fallen zu zerbrechen, und wenn sie endlich gegen Ankleben und Beschmutzung der Oberfläche gesichert sind. Dabei ist wohl zu bedenken, daß niemals alle Punkte eines Ofens gleich heiß sind; man erreicht durch die beschriebene Bauart der Ofen mehr eine symmetrisch vertheilte, als eine gleichförmige Hitze, die stets vor den Schürflöchern viel bedeutender ist, als in den Räumen dazwischen. Auch herrscht in verschiedenen Höhen verschiedene Temperatur. Diese ist niedrig unmittelbar am Boden, erreicht den höchsten Punkt gegen die Mitte hin und ist wieder etwas geringer nach dem Gewölbe zu. Es ist schon erwähnt worden, daß die Kapseln zu Säulen übereinandergeschichtet werden, welche mithin verhältnißmäßig eine schmale Grundfläche bei ihrer Höhe besitzen, folglich durch Ausdehnung und Zusammenziehung der einzelnen Glieder eine Verrückung des Schwerpunktes erfahren können, die hinreichend ist, um die ganze Säule zum Einsturz zu vermögen, wobei natürlich die benachbarten Gegenstände mit in die Trümmer begraben werden. Oftmals rührt ein solcher Einsturz daher, daß die unterste Kapsel, obgleich absichtlich stärker gemacht, durch das Gewicht der oberen eingedrückt wird, weshalb die Säulen stets um so niedriger sind (Berlin), je schlechter die Kapseln, und umgekehrt.

Das Einsetzen der Kapseln in den Ofenraum ist also eine Arbeit, die ungemein viel Erfahrung und alle denkbare Vorsicht erfordert. Zunächst ist darauf zu sehen, daß die massiveren Waaren in die Region des stärkeren Feuers, und die dünneren, leicht sich verbiegenden in die weniger heißen Gegenden eingesetzt werden. Dicht vor dem Feuerherde, da wo dieser seine Flamme in den Raum speit, würde nichts Stand halten, wenn nicht die dort befindlichen Kapseln durch thönerne, halbcylindrische Schirme nach jener Seite geschützt würden. Man hat auch wohl, besonders früher, die Zusammensetzung der Masse verschieden gemacht und den verschiedenen Feuersgraden angepaßt. — Das Schwanken und Umfallen wird vermieden, indem man zwischen je 2 Kapseln so lange Thonkitt oder etwas Aehnliches einschiebt, bis die Sehswaage eine gänzlich senkrechte Stellung derselben anzeigt, und so fort bis an das Ende der Säule. Auch spreizt man die einzelnen Säulen gegen einander mit Kapselbruchstücken. Zu gleicher Zeit ist nicht außer Acht zu lassen, daß der Flamme hinreichend Zwischenräume (von 2 bis 4") zwischen den Säulen gelassen werden müssen, um den ganzen Einsatz gehörig zu bespählen. Es sind also diese Säulen nicht nur in bestimmten Abständen, sondern auch symmetrisch anzuordnen. — Ein Theil der von dem Zuge in die Glühräume mit hineingerissenen Asche setzt sich zu Boden, schmilzt mit den umgebenden Kapseln und Backsteinen und löthet diese so fest zusammen, daß die unterste Kapsel zuweilen nur stückweise ausgebrochen werden kann. Eine Lage Sand über dem Boden verhindert diesen Zufall gänzlich. Den Probeöffnungen in der

Umfangsmauer gegenüber, kommen die Kapseln mit den Probefcherben und entsprechenden Oeffnungen zu stehen.

Nach vollendetem Einsatz werden die betreffenden Oeffnungen vermauert Die Feuerung und zur Feuerung geschritten. Diese hat zwei ganz verschiedene Epochen: die erste heißt das »Lavier- oder Vorfeuer«, und hat zum Zweck, den Rest der Feuchtigkeit aus dem Einsatz auszutreiben und diesen nur allmälig in die Glühhitze zu bringen; die zweite ist das »Scharfffeuer«, oder eigentliches Feuer zum Ghrbrennen. Schon in der Art zu heizen sind beide Epochen abweichend. Zu Anfang nämlich halten die Schrer die obere Oeffnung der Feuerherde geschlossen; nur beim Nachwerfen von neuem Holze wird die Platte *b'* auf einen Augenblick weggenommen. Es tritt also der Zug unten durch *b* ein, geht folglich in der nämlichen Richtung, wie bei gewöhnlichen Feuern, und erzeugt eine rauchende, unklare Flamme. Das Holz wird in dicken Spalten auf's Gerathewohl eingeworfen, so daß sie sich nach allen Richtungen kreuzen. Hat auf diese Weise der Ofen und sein Inhalt die Kirschrothglhhitze erreicht, was man durch die Probefffnungen sieht, so fllt man den Raum *f* bis an *b'* mit 1 bis 1½ Zoll dick gespaltenen, parallel gelegten Scheitern, die gerade so lang gesägt sind, als der Heerd breit ist, und schließt die untere Oeffnung *b*. Das Scharfffeuer hat nunmehr begonnen; der Zug kehrt sich sogleich um und die Hitze verstärkt sich, der Rauch verschwindet vollkommen und aus der Esse entweicht nichts Sichtbares mehr, nur ein Strom von heißen, durchsichtigen Gasen. Im Laufe des Scharfffeuers ist der Zug so stark, daß die Kohlengluth meist verzehrt und fast alle Asche mit fortgeführt wird. Es findet sich nach dem Brande in den Heerden noch kein Cubikfuß Asche und Kohle zusammen, während die verbrauchte Holzmasse gegen 2 Centner Asche allein liefern müßte. Die mindeste Unregelmäßigkeit im Schüren spiegelt sich in dem Gange des Ofens ab; die Hitze wird sogleich an derjenigen Seite nachlassen, wo der schlechter besorgte Feuerherd ist; am besten kann dies vermieden werden, wenn man die Schrer etwa von Stunde zu Stunde ihre Plätze vertauschen läßt. So wie ein Heerd in schlechten Gang kommt, wird die Kohlengluth nicht mehr gänzlich verzehrt, verlegt dem Feuer den Weg und zwingt es, zurückzuschlagen. Alsdann msen die Kohlen schleunigst weggesetzt werden. Einen ähnlichen Einfluß haben neue und reparirte Theile des Ofens; als einmal in Sèvres ein Ofen zur Hälfte neugebaut war, ghrte diese Seite 2 bis 3 Stunden eher. Ueberhaupt ist der Gang eines alten Ofens langsamer und der Brand dauert 5 bis 6 Stunden länger, als in einem neuen. An den meisten Orten dauert das Vorfeuer (6 bis 7 Stunden) doppelt so lange, als das Scharfffeuer (11 bis 13 Stunden); zuweilen nahe gleich lang oder kürzer, wie in Sèvres, wo das Vorfeuer 15 bis 18, und das Scharfffeuer 10 bis 12 Stunden dauert. Die Temperatur im Verglhraume geht etwa von 30° bis auf 60° Wdgw., die im Glattbrennraume auf 130° bis 160° Wdgw. — Am Boden des letzteren ist die Hitze bis um 40° Wdgw. niedriger *). — In

*) Das von Wedgwood eingeführte Instrument, welches von ihm Pyrometer oder Hitzemesser benannt wurde, ist eigentlich nur eine gute empirische Probe, um die Hitzegrade eines Ofens zu schützen, keineswegs aber ein rationelles Instrument zum Messen von Temperaturen. Es beruht auf dem Schwinden des Thones, indem man

Die Feuerung. Wien braucht man zu einem Brande etwa 7 Klafter (= $16\frac{1}{2}$ Stecken), in Berlin 700 Cubikfuß (= etwa 10 Stecken) Holz. In Sevres betrug der Aufwand bei einem Doppelofen mit zwei Glattbrennfeuern übereinander, im Mittel von 12 Beobachtungen, 65 Stères (= $41\frac{1}{2}$ Stecken). Dieser Verbrauch war anfangs 73 St. und sank nach 12 Monaten bis auf 52 St. Dabei wurden im Durchschnitt gebrannt 784 Kilogr. Porzellan, welches mit den zugehörigen Kapseln zc. zusammen 14000 Kilogr. wog. Also beträgt die Masse dieses Zubehörs 18mal mehr als die der Waare. In dem Fig. 206. und 207. abgebildeten Ofen kostet 1 Kilogr. Porzellanwaare 2 Fr. zu brennen, und die Kosten für 1 Cubikfuß Ofenraum 1 Fr. 1 Cent. (1 Cubikfuß rhein. 2 Fr. 15 Cent.).

Entleeren des
Ofens.

Insofern die Glasur des Porzellans ein wirkliches Glas ist und auch die Masse ein solches enthält, findet das Seite 386 entwickelte Verfahren auch hier Anwendung, das Porzellan muß gekühlt werden, d. h. durch langsame Abkühlung vor derjenigen Sprödigkeit behütet werden, die ein rasches Erkalten unfehlbar nach sich zieht. Versteht sich übrigens von selbst, daß man dazu keine besondere Ofen anwendet, sondern einfach den Brennofen nach dem Brande verschließt und mit sammt seinem Inhalte sich selbst überläßt, bis er so weit kühl geworden, daß man ihn entleeren kann, was nach 5 bis 8 Tagen gewöhnlich der Fall ist; doch ist es rathsam, schon den Abend zuvor die Thüren aufzubrechen.

Beim Herausnehmen der gahrgebrannten Waaren aus den Kapseln pflegt man die angebackenen Sandkörner vom Fuße und sonstigen Berührungsstellen mittelst eines Sandsteins (oder einer künstlichen, aber weicheeren Masse) wegzunehmen, den man wie eine Feile handhabt. Stets ist eine gewisse Anzahl durch Verbiegung zc. verdorben und unbrauchbar und muß sogleich ausgesondert werden; in Wien z. B. gelingen 3 Teller unter 4. Aber auch die gelungenen Waaren sind mit einigen Mängeln behaftet, die noch eine Ausbesserung nothwendig machen. Stets zeigen dieselben auf der Glasur hie und da dunkle Punkte, Kratze, die von feinen Körnchen oder Splitterchen herrühren, wie sie sich immer von der Kapsel ablösen, niederfallen und auf der Glasur festkleben. Ferner fehlt die Glasur an allen denjenigen Stellen, mit denen die Geschirre die Unterlage oder sich selbst berührten. Solche Stellen sind matt, glanzlos, rauh, und deshalb nie so rein zu halten, als die Glasur, was weniger am Fuße, desto mehr

kleine Cylinder dem Feuer aussetzt, um dann aus eingetretener Verringerung des Durchmessers auf die Glühtemperatur zu schließen. Wenn alle Thone sich gleich viel bei gleicher Temperatur zusammenzögen, wenn ferner ein und derselbe Thon unter allen Umständen in gleichem Schritt mit der zunehmenden Temperatur schwände, so könnten die Angaben des Pyrometers allenfalls unter sich vergleichbar und wirkliche Messungen sein. Aus vielfachen, S. 531 entwickelten Gründen ist dem nicht so und vielmehr ein reiner Zufall, wenn zwei Cylinderchen, neben einander in den Ofen gelegt, einerlei Grade angeben. Immerhin gewährt das Instrument dem Töpfer einen ziemlich guten Anhaltspunkt, wenn es auch zu wissenschaftlichen Zwecken unbrauchbar ist. Natürlich läßt sich nur auf Umwegen und mit wenig Sicherheit ausmitteln, welches der Werth des Wdgw.° in Graden des Quecksilberthermometers sein würde; ungefähr aber entspricht der Nullpunkt Wdgw. 580 C., und jeder weitere Grad Wdgw. (deren 240° sind), etwa 72° Celsius, wonach die Temperatur des Scharfeuers etwa 11000° bis 12000° C. wäre. — Von allen den vielfachen Pyrometern, die auf der Ausdehnung der Körper oder dem Grade der Schmelzbarkeit derselben im Feuer beruhen, entspricht keines den Anforderungen vollkommen, so daß Wissenschaft und Kunst zur Zeit noch immer ohne ein eigentliches Thermometer für Glühtemperaturen sind.

an den Rändern von Nachtheil ist, wenn nicht etwa der bessere Schluß eines Deckels einen rauhen Falz bedingt. Nach dem gewöhnlichen Verfahren werden jene Stellen mittelst des Pinsels nachglazirt und die Glasur im Scharffeuer aufgebrannt, wie das erste Mal, was mit allen Kosten und dem ganzen Risiko eines ersten Brandes verknüpft ist. Wenn aber eine leichtflüssige Bleiglasur zur Nachbesserung unter der Muffel aufgebrannt wird, so hat die Waare an den betreffenden Stellen keineswegs die hohe Härte, die das Porzellan auszeichnet. Aus diesen Gründen hat man neuerdings angefangen, die Anwendung des Schleifrades, womit man die Krüge beseitigt, auch auf die unglazirten Ränder auszu dehnen. Gerade so, wie dies bei dem Glasschleifen beschrieben worden, nimmt man zuerst die Unebenheiten mit einem Steine weg, entfernt dann die Rigen, die derselbe hinterläßt, mit dem Smirgelrade, und giebt endlich der Stelle die Politur mit Zinnasche. Auf diese Art ist man weniger beschränkt beim Einsetzen in Bezug auf das Weglassen von Glasur und erhält den besten Grund zu Vergoldungen.

Die Farbe des Porzellans ist weiß, und zwar milchweiß, nicht blauweiß, und seine Güte, die ihm den obersten Rang unter den Thonwaaren anweist, beruht in der Abwesenheit der Porosität und dem überaus innigen Zusammenhange der Glasur mit der Masse, sowie in der Haltbarkeit der ersteren unter dem Messer und in Temperaturwechsel. Alle diese Eigenschaften sind nur dann möglich, wenn das Gahren der Masse und der Fluß der Glasur zugleich eintreten, und wenn die Ausdehnung durch Wärme für beide so nahe, als möglich, dieselbe ist. Am meisten trägt dazu die Ähnlichkeit des Flusses mit der Glasur bei.

Die wichtigste Veränderung, welche das Porzellan, wie alle Thonarten, im Feuer erfährt, ist die Volumverminderung oder das »Schwinden«. Diese Schwindung ändert sich bei der geringsten Verschiedenheit der Masse, ist aber für eine und dieselbe Masse völlig gleichbleibend, so daß man ihren Betrag sicher im Voraus in Rechnung ziehen kann. Nach den Erfahrungen ist die lineare Schwindung (d. h. die Verkürzung nach einer Richtung, oder diejenige, die ein Stab in seiner Länge erfahren würde) im Mittel gegen 13 Procent, kann aber bis auf etwa 7 Procent fallen und auf 17 Procent steigen. Mithin ist die Schwindung dem Volume nach im Mittel 39 Procent. Etwa $\frac{1}{4}$ der Schwindung geht beim Verglühen, die übrigen $\frac{3}{4}$ beim Scharffeuer vor sich, und sie hat (beim Porzellan wenigstens) zwei verschiedene, diesen Temperaturen entsprechende Ursachen, nämlich: das Entweichen alles Wassers, ferner die anfangende Schmelzung beim Gahren der Masse. Aus dem Grunde hängt auch die Größe der Schwindung zum Theile von der Art des Formens und dem dabei nöthigen Feuchtigkeitsgrade und Druck ab. Gegossene Gegenstände schwinden am meisten, weniger auf der Scheibe geformte, in Formen gedrückte noch weniger, gepreßte am allerwenigsten. Daraus erklärt sich ferner, warum beim Formen weniger gedrückte Stellen nach dem Brande über diejenigen etwas hervortreten, die stärker gedrückt wurden.

Eine Porzellanmasse muß durch Verminderung des Volums auch spezifisch schwerer werden; so ist das spezifische Gewicht der Masse verglüht = 2,305, nachdem sie dem Scharffeuer ausgesetzt war = 2,478 befunden worden. Dieses gilt

Dichtigkeit. von der Masse in ganzen Stücken, also mit Einschluß der noch vorhandenen Poren ic. Merkwürdiger Weise zeigt sich ganz das Gegentheil, wenn man das specifische Gewicht der Masse, abgesehen von den Poren, also als feingeriebene Pulver betrachtet, und stellt sich heraus, daß das specifische Gewicht der Masse an und für sich mit steigender Hitze und Schwindung abnimmt. So fanden:

		G. Rose.	Malaguti.
An Proben.		Das specifische Gewicht.	
Von verglühter Porzellanmasse	an der Zunge klebend	2,613	2,619
Nach 3 Stunden	desgl.	2,589	2,440 halbgahr
Nach 4 Stunden	Gutfeuer desgl.	2,566	
Nach 9 Stunden	nicht mehr	2,452	2,242 völlig gahr

Demnach kommt der Cubikfuß wirklich solider Masse von 82 Pfund auf 70 herab, eine Erscheinung, die einen doppelten Grund hat. Einmal werden fast alle Körper durch den Uebergang aus dem krystallisirten Zustande in den glasig-geschmolzenen sp. leichter, wie denn auch das specifische Gewicht des Feldspathes der Berliner Fabrik = 2,592 nach dem Schmelzen nur noch 2,384 ist, und das des Kaolins auf gleiche Weise von 2,633 auf 2,562 heruntergeht. Ferner mag die Ausdehnung auch Folge einer theilweisen chemischen Einwirkung der Gemengtheile sein, die deshalb schon wahrscheinlich ist, weil das specifische Gewicht der Masse nicht dem Mittleren der Gemengtheile entspricht. Beim Brennen des Porzellans dehnen sich also die einzelnen Theilchen bleibend aus, rücken aber zugleich näher aneinander. — Die verglühten Waaren erleiden beim Gutbrennen durchaus keinen Gewichtsverlust. — Die Schwindung der Kapselmasse ist ungleich geringer und häufig unmerklich.

Chemischer
Besand.

Die Elementaranalyse von Porzellanmassen hat zu folgenden Resultaten geführt:

Ursprung	Kieselerde	Thonerde	Kali	Eisenoxydul	Magnesia	Kalk	Beobachter
China, Base	70,5	20,7	6,0	0,08	0,01	0,05	—
desgl., Teller	53,5	28,5	5,0	0,08	Spur	0,06	—
Berlin	66,6	28,0	3,4	0,70	0,6	0,3	Laurent.
Wien (1806)	61,5	31,6	2,2	0,80	1,4	1,8	Laurent.
Meißen	57,7	36,0	5,2	0,80	Spuren	0,3	Laurent.
Paris	58,0	34,5	3,0	—	—	4,5	Laurent u. Malaguti.

Porzellan-
malerei.

Unter den Thonwaaren ist das Porzellan im höchsten Grade der Verzierung durch Farben und Metallüberzüge fähig. Insofern nun die Oberfläche, welche solche Verzierungen empfangen soll, ein wirkliches Glas ist, so ist die Porzellanmalerei nur ein Zweig der Glasmalerei, deren Wirkung aber ausschließlich auf das zurückgeworfene, nie auf das durchgegangene Licht berechnet ist. Alle Porzellanfarben sind gefärbte Gläser, welche durch Aufschmelzen (Ein-

brennen) ihren Glanz und Festigkeit erlangen. Es gehört also zu jeder Farbe ein färbendes Princip (meist Metalloxyd, weil die im Feuer zerstörbaren Farbestoffe von selbst ausgeschlossen sind) und der zur Glasbildung erforderliche Zusatz oder Fluß.

Folgende sind die als Farbestoffe gebräuchlichen Metallverbindungen und die daraus entstehenden Farben:

- 1) Chromoxyd, grün.
- 2) Eisenoxyd, roth, braun, violett; schwarz, grau, Sepia, gelbe Töne.
- 3) Uranoxyd, orangegelb; schwarz.
- 4) Manganoxyd, violett; braun, schwarz.
- 5) Kobaltoxyd, blau; grau, schwarz.
- 6) Antimonoxyd, gelb, verschiedene Töne.
- 7) Titanoxyd, gelb.
- 8) Kupfer, (=oxyd) grün; (=oxydul) roth.
- 9) Iridiumsesquioxyd, schönes schwarz.
- 10) Chromsaures Eisenoxydul, braun.
- 11) Chromsaures Blei (auch chromsaurer Baryt), gelb.
- 12) Chlor Silber, als Zusatz zu carmin- und purpurroth.
- 13) Goldpurpur, purpur.

Wie leicht einzusehen, können durchsichtige und undurchsichtige Farben (Emaile) auf einem weißen (so gut wie undurchsichtigen) Grunde von Porzellan mit ähnlichem Erfolge angewendet werden, und in der That bedient man sich beider. An und für sich durchsichtigen Farben pflegt man diese Eigenschaft mittelst Zinnoxyd zu benehmen. — Das Zinkoxyd, welches kein farbiges Glas giebt, spielt nichts desto weniger eine wichtige Rolle als Schönmittel, d. h. als Zusatz, der die verschiedenen Töne belebt, eine Eigenschaft, die diesem Metalle eigenthümlich ist. So die schwefelgelben Töne mit Antimon.

Es ist ein allgemein gültiger Satz in der Chemie, daß das Verhalten der Körper in verschiedenen Temperaturen ein außerordentlich verschiedenes sein kann. So bei den namhaft gemachten Verbindungen. Die Eigenschaft, farbiges Glas zu geben, ist nur für gewisse Temperaturgrenzen wahr und ist jenseits derselben eine ganz andere, oder nicht mehr vorhanden. Darauf gründet sich eine sehr wichtige Unterscheidung in der Praxis zwischen Farben, welche das Scharffeuer des Porzellanofens vertragen, also zugleich mit der Glasur eingebrannt werden können, Scharffeuerfarben, und solchen, die in so hoher Hitze entweder keine Farben (wegen Verflüchtigung &c.) oder einen unreinen oder einen unsicheren Ton geben, Muffelfarben, die stets nach dem Glasiren in der Muffel eingebrannt werden. Damit diese an und für sich leichtflüchtigen Farben nicht ausfließen, in den Grund eindringen und verlaufen, muß das Einbrennen bei einer Temperatur stattfinden, wobei der Grund, die Glasur noch lange nicht flüssig wird. Während die Muffelfarben stets auf der Glasur obenauf sitzen, gleichsam en relief, als fühlbare Erhabenheit, und so der Glanz und die Ebenheit des Geschirres unterbrechen; so treten die Scharffeuerfarben nicht nothwendig über das Glasurniveau hervor, sondern werden unter, oder in die Glasur aufgetragen. Ein großer Vorzug, weil die ohnehin immer bleischen und folglich

Porzellan-
malerei.

weichen Muffelfarben dadurch doppelt der Abnutzung ausgesetzt sind. Ferner ist das Einbrennen der Scharffeuerfarben, weil gelegentlich, mit feinen, in der Muffel aber mit bedeutenden Kosten verknüpft.

Scharffeuerfarben sind: blau mit Kobalt; grün mit Chrom; braun mit Eisenoryd, Manganoryd und chromsaurem Eisenoryd; gelb mit Titanoryd; schwarz mit Uranoryd. Es ist zu bemerken, daß diese Scharffeuerfarben meist sehr intensivfärbend sind, deshalb nur zu geringen Mengen in Anwendung kommen, so daß sie weder auf die Masse, noch die Glasur verflüssigend wirken können. Sie werden entweder auf die verglühete Waare aufgetragen, oder auf der Glasur angebracht, oder mit derselben gemischt. Als Fluß dient Glasur oder Alkalisilicat.

Für die Muffelfarben hat man sehr mannichfache Flüsse, die sich jedoch auf etwa sieben Arten zurückführen lassen, deren Bestandtheile aus der folgenden Liste genommen werden:

Sand oder Quarz.	Salpeter.
Feldspath.	Potasche.
Borax und Borsäure.	Soda.
Mennige oder Glätte.	

Vergoldung u.

Vergoldungen auf Porzellan werden nach der gewöhnlichen Weise so ausgeführt, daß man sich zuerst Goldpulver verschafft. Zu dem Ende fällt man eine Lösung von Chlorgold (von Gold in Königswasser) mit Eisenvitriol; das als braunes Pulver erhaltene Gold wird gewaschen, getrocknet und dann mit etwa $\frac{1}{10}$ Wismuthoryd (bas. salpetersaurem) und verdicktem Terpenthinöl abgerieben. Das Gemenge, oder die Goldfarbe, läßt sich nun mit dem Pinsel auftragen und wie eine andere Farbe einbrennen. Hierbei bildet das Wismuthoryd mit der Glasuroberfläche einen Fluß, mittelst dessen das Gold dann gleichfalls festklebt. Es sieht gelb, aber matt aus, und wird erst durch Poliren mit Achat glänzend.

Gerade sowie das Gold, kann man auch Platinschwarz oder Platinschwamm verarbeiten.

In Meissen ist ein Präparat in Gebrauch, welches Gold in einer terpenthinölartigen Flüssigkeit vollständig gelöst enthält; ein Anstrich dieser Lösung auf Porzellan hinterläßt nach dem Abbrennen (schon über der Spirituslampe) eine blanke, glänzende Vergoldung, welche übrigens weniger haltbar ist, als die gewöhnliche. Das Präparat ist ein Fabrikgeheimniß.

Einbrennen.

Das Einbrennen der Muffelfarben und Vergoldungen geschieht in Muffelöfen, deren Einrichtung in der Hauptsache nicht von derjenigen abweicht, die Seite 455 abgebildet und beschrieben worden. Da zum Gelingen eine bestimmte Temperatur gehört, so hat man pyrometrische Hülfsmittel nöthig, um die geeigneten Hitzgrade zu treffen. Ein sehr schickliches Mittel der Art sind die Farbenveränderungen, welche der Goldpurpur mit steigender Temperatur durchläuft. In der Praxis halten die Porzellanmaler sechs Abstufungen fest, welche sechs Haupthitzgraden entsprechen, die aber in der Ausübung von Wichtigkeit sind. Ein Porzellanscherven mit Goldpurpur bemalt und an einem Platindrahte in die Muffel eingeführt, wird nach und nach:

	Entsprechend	0° C.
Schmutziges braunroth	Vergoldung auf Farbengrund .	620
Biegelroth	Retouchiren	800
Dasselbe, zieht an dünneren Stellen und an den Ranten in's Rosa .		
Rosa in's Purpurne ziehend		
Rosa in's Violette ziehend	Leichtflüssige Farben	900
Dasselbe stark in's Violette	Vergoldung auf der Glasur .	920
Das Violette bläst ab	» der Tellerränder .	950
Das Rosa verschwunden, das Violette äußerst blaß	Strengflüssigere Farben	
	Matte Vergoldung	1000

In Sevres benutzt man mit Vortheil ein Muffel-Pyrometer, dessen Einrichtung auf der Ausdehnung einer Silberstange beruht. Davon sind die obiger Tabelle beigelegten ungefähren Temperaturen abgeleitet. Diese Anwendung hat nur den Uebelstand, daß das Silber schon bei 1000° C. schmilzt.

In derselben Anstalt hat Willermet ein sinnreiches Mittel eingeführt, um fehlerhafte Stellen der Glasmalerei vor dem Retouchiren wegzunehmen. Zu dem Ende überfährt man die Stelle nur mit einem in wässrige Flußsäure getauchten Pinsel und wäscht mit reinem Wasser ab. Die angeätzte Stelle erscheint weiß, nur leicht angegriffen und zur Aufnahme neuer Farben höchst geeignet.

Die Durchscheinheit des Porzellans ist in den letzten Jahren mit großem Erfolge (besonders in Meissen) zu ebenso eleganten, als eigenthümlichen Nachahmungen gewisser Darstellungen der zeichnenden Künste benutzt worden, die unter dem Namen Lithophanien (von *lithos* Stein und *phaino* ich scheine) bekannt sind. Wird eine Platte, die dickere und dünnere Stellen hat, gegen das Licht gehalten, so werden diese dunkler, als Schatten, jene heller, als Licht hervortreten. Werden beide mit Umsicht nach einem als Muster dienenden Gemälde z. B. vertheilt, so entstehen dadurch Bilder von einer sonst unerreichbaren Weichheit und Wärme im Uebergange der Töne. Doch hat das Formen und nicht minder das Brennen sehr große Schwierigkeiten. Solche Lithophanien können nur im durchfallenden Lichte gesehen werden; aber auch für auffallendes Licht hat man welche versucht, und zwar nach folgendem Grundsatz: Gesezt, man habe die dunklen Partien vertieft, die hellen erhaben auf einer Porzellanplatte ausgearbeitet und überziehe nun diese Platte mit einem durchsichtigen Glasfluß von beliebiger Farbe, der eben dick genug ist, um die höchsten Erhabenheiten zu bedecken, so werden natürlich die tiefen Stellen, weil durch eine starke Schicht gefärbten Glases gesehen, dunkel, und umgekehrt, die erhabenen hell erscheinen.

Bereits S. 509 ist bemerkt worden, daß, wenn zwei Porzellanmassen bei der Analyse einen völlig gleichen Bestand zu erkennen geben, also gleiche procentische Zusammensetzung zeigen, man sich doch sehr hüten muß, daraus zu

Litho-
phanie

Ullar-
meine Be-
merkung
an.

folgern, daß beide auch von ganz gleichen Eigenschaften seien. In diesem Betreff sind von Brogniart und Malagutti eine Reihe von Beobachtungen gemacht worden, welche die interessantesten Beziehungen zur chemischen Natur der Porzellanmassen, sowie bedeutsame Winke für deren practische Darstellung enthalten. Man setzte nämlich aus verschiedenen, geeigneten Materialien Massen zusammen, welche gleiche procentische Zusammensetzung mit der in Sèvres seit 60 Jahren als Norm angenommenen Porzellanmasse besitzen (nämlich 58 Kiesel-erde, 34,5 Thonerde, 4,5 Kalk und 3 Kali), und unterwarf dieselben den verschiedenen Vorgängen der Manufactur, um das Verhalten zu studiren.

Als man chemisch rein dargestellte Substanzen nahm, nämlich: 1) gefällte Kiesel-erde, zum Theil mit dem erforderlichen Kali gefrittet; 2) kalifreie aus Alaun gefällte Thonerde; 3) reinen Urkalk statt Kreide, so schmolz die Masse schon im schwächsten Feuer zu einem pockigen Email. Eine andere Probe davon mit weniger Fritte, schwand im Verglüßfeuer um 18, im Gahr-feuer um 28 Procent.

Als man ferner den Kaolin mit feuerfestem Thon vertauschte und das Kali besonders, mit Kiesel-erde gefrittet, zusetzte, entstand eine Masse, die schon beim Verglüßfeuer die geflossene Beschaffenheit des gemeinen Steinzeugs zeigte und, beim Gahrfeuer gebrannt, kaum Porzellan genannt werden konnte, sehr wenig durchscheinend, aber pockig war.

Besser war der Erfolg mit einer ähnlichen Masse aus plastischem Thon, worin eine dem Kali entsprechende Menge Leuzit enthalten war; es bildete sich durch Brennen ein vollkommneres wohlglasirtes Porzellan, aber noch immer etwas pockig.

Dagegen macht es keine Aenderung in der normalen Masse, ob man statt Kreide Urkalk, oder ob man statt Quarzsand Feuerstein zusetzt. Aus dem Ganzen ergiebt sich schlagend, daß es keineswegs gleichgültig ist, aus welchem Material oder aus welchen Mineralien man die Elemente zur Masse entnimmt, vorausgesetzt, daß die Gewichts-Verhältnisse der letztern gleich bleiben.*

2) Steinzeug *).

Die beiden Sorten von Thonwaaren, welche der Sprachgebrauch unter der Ueberschrift zusammenzufassen pflegt, sind in der Natur ihrer Bestandtheile sehr wesentlich von einander verschieden und streng genommen das feine Steinzeug und das gemeine eher zwei besondere Gattungen, als zwei Arten derselben Gattung. Ueberhaupt finden, wie besonders in diesem Falle, so zahlreiche Uebergänge Statt, daß keine Classification der Wirklichkeit völlig entsprechen kann.

*) Die im gewöhnlichen Leben und Verkehr üblichen Benennungen der verschiedenen Erzeugnisse der Töpferei sind so verwirrt, unbestimmt und gemißbraucht, daß eine wissenschaftliche Auseinandersetzung denselben unmöglich folgen kann. In diesem Sinne möge der Leser beachten, daß »Steinzeug« und »Steingut« gänzlich verschiedene Dinge sind. Von letzterem wird bei der feinen Fayence die Rede sein.

Der Haupt-Rohstoff für das Steinzeug sind die meist über der Kreide lagernden, besonders im Kohlengebirge häufigen Pfeifen- oder plastischen Thone, oder doch Thone, die in ihrer Mischung und in ihrem Verhalten mit jenen zusammenfallen, wenn auch andere Umstände sie dem Töpferthone anreihen. Analog den Kaolinen sind die plastischen Thone, ihrem Verhalten gegen Agentien zufolge, als eine bestimmte Verbindung von Kiesel-erde und Thonerde (wahrscheinlich $2\text{Al}_2\text{O}_3$, 3SiO_3) mit Hydratwasser zu betrachten, welche in mannigfaltiger Weise mechanisch durch eingemengte Mineralstoffe verunreinigt ist. Indessen muß als charakteristisch hervorgehoben werden, daß daran Gemengtheile mit Basen, welche leichte Schmelzbarkeit bedingen, nur sehr unbedeutenden Antheil nehmen, so daß die plastischen Thone im Feuer höchstens erweichen, meist aber unschmelzbar sind. Die Seite 496 angeführten, sowie die zahlreichen in Sevres angestellten Analysen zeigen in der That, daß die fraglichen Thone Eisenoryd von 1 bis 4 Procent, Kalk 0,5 bis 2 Procent, nicht ganz so viel Bittererde und 0,5 bis 1 Procent Kali enthalten, ohne daß diese Bestandtheile immer gleichzeitig vorhanden sind. Die Farbe ist meist weiß, weißlich, oft grau, in's Grüne gehend, rosa bis violett und in einigen Fällen blauschwarz bis schwarz; nicht selten kommen zweierlei Farben als Abern vor. Durch Trocknen bei 100°C . läßt sich nur ein Theil des Wassers (das hygroskopische) entfernen; ein anderer Theil, das gebundene, 6, 12 bis 18 Procent geht erst in höheren Temperaturen und nur bei der Glüh Hitze vollständig weg, wobei sich der Thon brennt, d. h. seine Plasticität verliert. Man weiß, daß dabei eine chemische Einwirkung statthat, in Folge deren die Thonerde nunmehr leichter von Säuren aufgenommen wird, als beim frischen Thon. So gab eine Probe in frischem Zustande an Schwefelsäure 23,4, gebrannt dagegen 44,3 Procent Thonerde ab. —

In ihrem natürlichen Zustande sind die plastischen Thone von größeren Gemengtheilen und unverwitterten Gesteintrümmern ziemlich frei, enthalten aber in sehr verschiedenen Verhältnissen Sand und feine Kiesel-erde, wovon die Zahlenunterschiede der Analysen zunächst abhängen. In Sevres fand man in mehr als 30 untersuchten Arten 42 bis 70 Procent Kiesel-erde, 20 bis 40 Procent Thonerde und 6 bis 19 Procent gebundenes Wasser; der Rest ist Eisenoryd, Kalk u. — Die Farbe der plastischen Thone ist nach dem Brennen entweder weiß, oder durch Eisengehalt in's Röthliche ziehend, indem die übrigen Färbungen, als von organischen Substanzen herrührend, im Feuer zerstört werden. —

a. Feines Steinzeug.

Dieser Zweig der Töpferei wird am meisten und in der größten Vollkommenheit in England cultivirt; in die Umgegend von London scheint derselbe von Holland herüber gekommen zu sein, dagegen ist das sogenannte Wedgwood eine dem Steingut zuzuzählende Geschirrmasse, durch deren Einführung der berühmte Erfinder dieses Namens die Thonwaaren-Industrie in der Grafschaft Staffordshire begründete *). Sie wird gegenwärtig in unzähligen Varietäten

*) Mit der Zeit suchten viele Fabrikanten, auch auf dem Continente, ihren Erzeug-

dasselbst gefertigt und hat eine sehr thätige Nachahmung in Frankreich (Saargemündt) und Deutschland (Pirna an der Elbe u.) gefunden. Schon Böttcher hatte übrigens (vergl. S. 501) vor der Erfindung des Porzellans ein rothes Steingut erhalten.

Was man in England Steinwaare (stone ware) nennt, ist aus plastischem Thon und einem Fluß (einem feldspathhaltigen Mineral) zusammengesetzt. Die erstere erlangt beim Brennen eine bedeutende Härte, würde aber für sich leicht reißen, weil er zu stark schwindet und nur durch ein heftiges und fortgesetztes, also kostspieliges Brennen die zusammengefeinterte Beschaffenheit erlangt, welche die Geschirre der Art charakterisirt. Dem begegnet der Zusatz von Fluß, welcher gerade so wirkt, wie beim harten Porzellan, und in der That ist der Mangel an Durchscheinheit von Seiten des Steinguts der wesentlichste äußere Unterschied zwischen beiden.

Mischung.

In England pflegt man die Masse aus Kaolin, plastischem Thon und cornish stone (als Fluß) zusammenzusetzen, ohne daß über die Verhältnisse bestimmte Regeln existiren. Je nach der Beschaffenheit der Gemengtheile hat bald der Kaolin, bald der plastische Thon das Uebergewicht, aber stets beträgt der Fluß gegen die Hälfte des Gewichts der Masse, also beträchtlich mehr als beim Porzellan. Hieraus erklärt sich von selbst, warum die Steinzeugmasse im Porzellanofen völlig zusammenschmilzt und, was auf dasselbe hinausgeht, einen ungleich geringeren Feuersgrad zum Gahrbrennen erfordert. Man darf übrigens daraus nicht folgern, daß eine solche Masse weniger plastisch sei, als die Porzellanmasse, sie ist im Gegentheil darin dem Porzellan weit überlegen, weil der plastische Thon, **h** seiner hohen Bildsamkeit, einen weit größeren Zusatz eines mageren Flußmittels wie Feldspath verträgt, als bloßer Kaolin. Alle diese Punkte zusammengefaßt, ist das Steingut eine Art von Surrogat für das Porzellan, dessen größere Wohlfeilheit in der größeren Leichtigkeit beruht, womit es geformt und gebrannt werden kann, während es mit dem letzteren — freilich auf Kosten einer ähnlichen Reinheit der Farbe und Durchscheinheit — die Eigenschaft der Undurchdringlichkeit gegen Flüssigkeiten gemein hat.

Bereitung
der Masse.

Die einzelnen Bestandtheile werden mit der größten Sorgfalt gemahlen und geschlämmt, weil die Bildsamkeit mit der feineren Zertheilung wächst. Das Verfahren und die Einrichtungen sind gerade so, wie sie weiter unten bei der feinen Fayence beschrieben werden; dasselbe gilt vom Formen und Brennen, weshalb denn hier unter Verweisung auf den folgenden Abschnitt nur die abweichenden Punkte erörtert werden sollen. Das Formen geschieht, soweit es mit der Gestalt der Geschirre vereinbar ist, auf der Drehscheibe und durch Drehseln. Gegenstände von unregelmäßiger Gestalt werden in Gypsformen abgedrückt, ebenso die Garnituren und die in diesem Fache so üblichen halb erhabenen Verzierungen; das Aufsetzen beider durch Ankleben hat viel weniger Schwierigkeiten als beim Porzellan, weil die Masse so viel bindender ist.

nissen ungeachtet ihrer oft ganz verschiedenen Qualität durch die Bezeichnung »Wegwood« Aufnahme zu verschaffen, so daß im Verkehr der damit verbundene Begriff unbestimmt und verwischt ist.

Solche erhabene Verzierungen werden mit einem vertieften Stempel aus Gyps, gleichsam wie ein Siegel mit dem Petschaft, ausgebrückt; der überflüssige Thon mit dem Draht abgenommen und der Abdruck alsdann mit einem feuchten Schwamme an die benetzte Geschirrfäche sanft angebrückt. — Der größte Theil des Steinguts wird in der Masse gefärbt. Es versteht sich von selbst, daß die färbenden Metalloryde hierbei nie in so großer Menge Antheil nehmen dürfen, daß die Masse dadurch Gefahr läuft, im Feuer zusammenzuschmelzen, und es müssen alle diejenigen von der Anwendung ausgeschlossen bleiben, deren geringe Färbekraft eine mehr als unschädliche Quantität erheischen würde. Man erzeugt blaßgrüne Massen durch Zusatz von $\frac{5}{1000}$, dunkelgrüne mit $\frac{1}{100}$ Chromoryd. Blau liefert ein Zusatz von $\frac{5}{100}$ Kobaltoryd und weniger für blasse Töne. Eine braune Masse liefert der plastische Thon, wenn statt des Flußmittels etwa $\frac{1}{3}$ calcinirter Kfer *) mit gegen 8 Procent Braunstein genommen wird. Ein größerer Zusatz von beiden liefert eine eisen schwarze Masse. — Meistens erhalten die Massen, welche gefärbt werden sollen, eine verschiedene, darauf besonders berechnete Zusammensetzung. In vielen Fällen, besonders bei blau, ist der Kern des Geschirrs weiß und nur oberflächlich mit einem dünnen gefärbten Ueberzuge versehen. Da sich durch Zusatz von so geringen Mengen färbender Metalloryde die Schwindung der Masse nicht wesentlich ändert, so bietet sich hierdurch Gelegenheit zu sehr artigen Verzierungen, wenn man erhabene Arbeit auf einen andersfarbigen Grund aufsetzt. Die in England so häufigen Nachahmungen der berühmten antiken Portland-Base, weiße erhabene Figuren auf blauem Grunde, gehören hierher. —

Der größte Theil der feinen Steingut-Waaren erhält keine Glasur; zuweilen entsteht eine solche gleichsam von selbst, ohne besonderes Zuthun, wie bei einigen gefärbten Massen. In diesem Falle erscheint die gefärbte Oberfläche nach dem Brennen spiegelnder und weniger rauh, als die nichtgefärbte, was vermöge des Contrastes mit dem matten Grunde den Eindruck einer dünnen Glasur macht. Wird eine besondere Glasur angebracht, so geschieht dies auf verschiedenen Wegen. Zunächst durch eine Art Cementation, was die Engländer »Smearing« nennen. Zu dem Ende werden die inneren Flächen der Kapseln mit einer Glasur aus 67 Theilen Kochsalz, 28 Theilen Potasche und 5 Theilen Bleioryd überzogen. Während des Brandes verflüchtigt sich ein Theil des Alkalis und Bleioryds, welcher von der Geschirrfäche unter Bildung einer dünnen, angeflogenen Glasur aufgesaugt wird. Beide kieselerdehaltigen Flächen suchen sich gewissermaßen, in Bezug auf die vorhandenen verglasbaren Basen, in's Gleichgewicht zu setzen. — In anderen Fällen wird eine sehr bleihaltige, oder borarhaltige Glasur durch Eintauchen, wie beim Porzellan, aufgetragen, theils über das ganze Geschirr, theils nur auf die innere Seite.

Durch Färben der Glasur kann man Farben hervorbringen, die in der Masse nicht ausführbar sind, so z. B. gelb.

Alle hier einschlagenden Waaren werden in Kapseln und zwar sehr häufig

*) Man versteht darunter bekanntlich Gemenge von Thon mit Eisenorydhydrat, worin das letztere meist $\frac{1}{4}$, manchmal auch $\frac{3}{4}$ des Gewichtes beträgt.

mit der Fayence zugleich an den heißeren Stellen eines und desselben Ofens gebrannt, oder doch in Ofen, die von letzteren nicht verschieden sind.

Ugšneider's.

In der Fabrik von Ugšneider in Saargemünd wird seit einer Reihe von Jahren neben den gewöhnlichen Waaren von Steinzeug eine Erfindung des Eigenthümers ausgebeutet, die viel Eigenthümliches hat. Es ist dies eine aus drei verschiedenen, zum Theil ockerfarbigen Thonforten des dortigen Terrains und aus Quarz zusammengesetzte Steinzeugmasse, welche das Ansehen des Porphyr's und Jaspis auf das Täuschendste wiedergiebt und zu Vasen, Säulenfüßen und ähnlichen Ornamenten verarbeitet wird. Die Masse wird mit derselben Sorgfalt und mit denselben Maaßregeln wie feines Steinzeug gemahlen, geschlämmt, geformt und gebrannt, aber nicht glasirt, sondern mit Smirgel geschliffen und mit Tripel polirt. — Bemerkenswerth ist die sehr bedeutende Schwindung, welche bei dieser Masse nicht weniger als 20 Procent beträgt.

Grfirnißtes.

In Deutschland, wie bereits angeführt worden, ist Pirna an der Elbe ein Hauptort für feines Steingut, dessen Erzeugnisse ganz eigenthümlich und in der Töpferei einzig in ihrer Art, neuerdings eine sehr große Verbreitung genießen. Es sind dies in der Masse gefärbte Geschirre, die sich in hohem Grade durch eine seltene Vollkommenheit und geläuterten Geschmack ihrer meist von Antiken entliehenen Formen auszeichnen. Die chromgrünen und schwarzen Massen sind glasurlos und matt; dagegen findet sich die misfarbige, ockergelbe Masse anderer Sorten durch einen Ueberzug von zum Theil prachtvollen Farben maskirt, von denen aber jeder Kundige weiß, daß sie in der Töpferei unausführbar sind. In der That giebt die Weichheit beim Schnitt, der Fettglanz und die Zerstörbarkeit in der Flamme, worin dieser Ueberzug verkohlt, schon hinreichend zu erkennen, daß man hier mit keiner Glasur, sondern nur mit einem Anstrich aus Delfirnißfarbe zu thun hat. Dies ist besonders bei den hochrothen, zinnoberfarbigen Geschirren der Fall, die ganz wie feines Siegelack aussehen. Der Anstrich ist mit größter Sorgfalt und höchst gleichförmig aufgetragen, ohne der Reinheit in den Umrissen der erhabenen Verzierungen zu schaden und mit einer dünnen Schicht Copallack überzogen. Er widersteht dem Scheuern und heißem Wasser zwar vollkommen, indessen müssen Geschirre der Art von jedem Gebrauche auf dem Feuer und mit Messer und Gabel ausgeschlossen bleiben.

Wenn auch einige Ausnahmen gelten, so läßt sich doch im Allgemeinen sagen, daß das feine Steinzeug, auch ohne oder mit echter Glasur, nicht gut der Hitze und grellen Abwechselungen der Temperatur widersteht, ohne zu reißen, so wenig wie das

b. Gemeines Steinzeug.

Beide entbehren also eines Vorzugs, der beim Porzellan so sehr in Anschlag kommt. — Der Betrag der Schwindung ist ungefähr derselbe wie bei dem feinen Steinzeug, nämlich 8 bis 10 Procent. Bei dem gemeinen Steinzeug ist der halb geflossene Zustand der Masse, ein Hauptcharakter, nicht die Folge von einem zugefesten Fluß, sondern nur einer weit stärkeren Einwirkung

des Feuers. Die Zusammensetzung ist ungleich einfacher, indem dem plastischen Thone nur ein Gemengtheil zugesetzt wird, der sich im Feuer wenig oder nicht zusammenzieht und dadurch die allzugroße Schwindung des Thones auf unschädlichen Grad ermäßigt. Die meisten plastischen Thone haben nämlich diese Eigenschaft in so hohem Grade, daß alle Gegenstände von nur einiger Wandstärke unfehlbar dadurch reißen, wenn man jenen Zusatz unterlassen hat. Vergleichende Versuche, die man in Sevres angestellt hat, sind recht geeignet, die Wirkung solcher Zusätze zu veranschaulichen.

Der plastische Thon von Dreux, versetzt

mit:	schwindet um	mit:	schwindet um
10 Proc. grobem Cement*)	15 Proc.	10 Proc. (gemahlenem)	
25 " " "	5 "	Sand von Aumont	17 Proc.
10 " (ganzem) Sand		25 " "	15 "
von Aumont	18 "	50 " "	12 "
25 " "	15 "	nichts, in natürl. Zustand	10 bis 11 Proc.
50 " "	9 "	" geschlämmt u. gereinigt	17 Proc.

Aus den beiden letzten Daten geht hervor, daß der untersuchte plastische Thon in natürlichem Zustande einen die Schwindung vermindernden Gemengtheil enthält (Sand oder feinere Kiesel Erde), deren Entfernung durch Schlämmen, sich durch Vermehrung der Schwindung zu erkennen giebt. Ueberhaupt richtet sich der Zusatz von Sand oder Cement stets nach der natürlichen Beschaffenheit der Thone; sehr sandige und kieselige enthalten weniger und umgekehrt. Es ist ein gewöhnlicher und überaus wichtiger Kunstgriff der Töpfer in gemeinem Steinzeug, die Masse (abgesehen von Cement oder Sand) aus mehreren verschiedenen Thonsorten zu mischen, in der Art, wie nach der Erfahrung dieselben sich in ihren guten Eigenschaften in Bezug auf Feuerbeständigkeit, Farbe, Schwindung u. am besten ergänzen. Andere Zusätze als die genannten, besonders Alkali und eisenhaltige sind unstatthaft, weil sonst die Beständigkeit der Masse im Feuer verloren ginge.

In den meisten Fällen, bei Geschirren für den täglichen Gebrauch, wie Steintöpfen zum Einmachen von Gurken u. dergl., Milchtöpfen, Sauerwasserkrügen u., ist es viel zu kostspielig, den Thon zu schlämmen. Um aber alle größeren Unreinigkeiten, Steine u. dergl. zu beseitigen, die die Waaren ungangbar machen und beim Formen stören würden, pflegt man den Thon wenigstens durch wiederholtes Kneten und Durchtreten möglichst zu reinigen und homogen zu machen, wobei alles Derartige sorgfältig ausgelesen wird. Sehr häufig ersetzt man bei dieser Arbeit die Berrichtung der Hände und Füße durch die Thonmaschine (welche weiter unten beschrieben wird). Das einfachste Hilfsmittel zur Aufbereitung des Thones nicht bloß zu Steinzeug, sondern zu allen ordinären Geschirrtwaaren ist die Bearbeitung mit der Klinge. Man schneidet mit derselben den vorher in einen mächtigen Haufen geschlagenen Thon in dünne Späne, die wieder zusammengeballt und durchgeknetet werden. Es ist

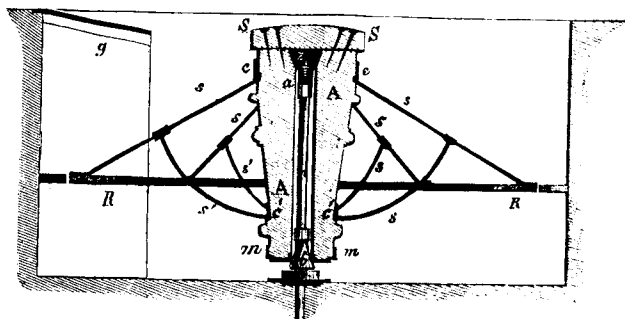
*) Gemahlene Scherben von Steinzeug.

einleuchtend, daß auf diese Weise die Klinge nach und nach auch dem geringsten Knollen oder Stein begegnen muß, um so vollständiger, je dünner die Späne geschnitten werden.

Formen.

Weil die Steinzeug-Waaren ihrer Natur und Bestimmung nach mäßige Preise halten müssen, so giebt man den wohlfeilsten Formen den Vorzug, d. h. man wählt meist solche von kreisförmigem Querschnitte, die sich also auf der Töpferscheibe hervorbringen lassen. Die Einrichtung und Handhabung derselben ist bereits S. 511 beschrieben worden, hat aber in diesem Falle gewisse Eigenthümlichkeiten, weil in keinem Zweige der Töpferei Arbeitsstücke von so bedeutenden Dimensionen und diese so häufig vorkommen, als hier. Die gewöhnliche Einrichtung, Fig. 214, bezweckt, der Scheibe zugleich durch größere Masse, einen

Fig. 214.



nachhaltigen Schwung und doch möglichste Leichtbeweglichkeit zu ertheilen. Das eiserne Bewegungs- und Schwungrad *RR* von Gußeisen ist mittelst der Doppelspeichen *ss'*, *ss'* ... unter den Reifen *c* und *c'* befestigt, womit die hohle, aber solide hölzerne Axt *AA* gebunden ist. Die Nabe *n* ist oben mit der eisernen Pfanne *a* und unten mit dem kegelförmigen eisernen Schuh *b* beschlagen. In der ersteren ruht der Stahlzapfen *z*, während sich die ebenfalls mit Eisen beschlagene Mündung *m* in der Nabe *A* auf den letzteren stützt, so daß dadurch die zwei Drehungspunkte des Rades gegeben sind, welches somit nach Art der Magnetnadel eines Schiffsscompasses aufgehängt und folglich mit der geringsten Reibung beweglich ist. Die eigentliche Scheibe *S* ist auf die Nabe aufgenagelt und das Ganze zur größeren Bequemlichkeit des Arbeiters, der auf der Bank *g* sitzt, versenkt angelegt. Die Scheibe wird durch Anstoßen mit einem langen spitzen Stabe in Bewegung gesetzt, die in der Regel lange genug andauert, um dem Former hinreichend Zeit zur Vollendung einer Operation zu gestatten. Die hohe Bildsamkeit der Masse unterstützt diese Verrichtung bedeutend, so daß nur in Fällen eines besonderen Widerstandes das Drehen durch einen Gehülfen verrichtet wird. —

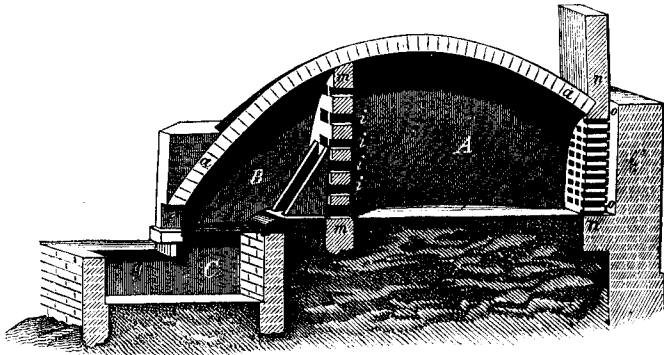
Zu bauchigen Gefäßen kleinerer oder mäßiger Dimensionen formt man zuerst einen Hohlzylinder von entsprechender Höhe und Weite, der nachher an den geeigneten Stellen durch Drücken gegen die umlaufende Thonmasse die erforderlichen Einschnürungen erhält. Größere Gefäße derselben Form setzt man

lieber aus zwei besonders gedrehten Hälften zusammen. Henkel *zc.* werden als ein Wulst aus der Hand geformt und sogleich angelegt.

Stehende Ofen, wie sie zu Porzellan, feinem Steingut und Fayence ge- Der Brand
braucht werden, müssen der ökonomischen Benützung des Feuers wegen, von einer bestimmten Höhe sein. In Folge dessen bilden die Geschirre beim Einsetzen hohe Säulen, die sich ohne Kapseln und ähnliche Hülfsmittel nicht selber tragen können, ohne daß die oberen die unteren erdrücken. Solche Hülfsmittel sind aber durch den Raum, den sie im Ofen wegnehmen, und durch die Handarbeit für ordinäre Thonwaare, also auch das gemeine Steinzeug, zu kostbar. Darin liegt der Grund, warum man für solche Waaren nur »liegende«, d. h. Ofen anwendet, bei welchen die Richtung des Zuges nicht senkrecht, sondern waagerecht, dem Boden mehr oder weniger parallel läuft; nur dadurch wird es möglich, die Geschirre mehr neben- als übereinander zu setzen und überhaupt ein Aufthürmen zu größeren Höhen zu vermeiden, als der Stärke der untersten Geschirre entspricht. Dagegen ist bei dieser Richtung des Zuges die Hitze stets sehr ungleich in dem Ofen vertheilt. Alles gemeine Steinzeug wird unmittelbar der Flamme ausgesetzt, und weil man hier keine empfindliche und reine Oberfläche gegen Beschmutzung und Krätze zu schützen hat, fallen Kapseln und dergl. gänzlich weg.

In der Regel sind die Ofen von etwas roher Ausführung; schon zu den besseren gehört der Fig. 215 im perspectivischem Längendurchschnitte abgebildete

Fig. 215.



Ofen, wie er bei Duingen und Brünninghausen im Hannoverschen gebräuchlich ist. *A* ist der Brennraum, *B* der Feuerheerd für Steinkohlen, welcher durch den Koft *r* von dem Aschenfall *C* geschieden wird. *A* und *B* sind von einem gemeinschaftlichen ellipsoidischen Gewölbe *aa* überspannt. Der Zug wird durch die Deffnung *g* mittelst einer Deckplatte regulirt, geht durch den Koft *r* aufwärts in die Kohlen, von wo die sich entwickelnde lange Flamme, durch die Blendungen *ii* der Mauer *mm* möglichst vertheilt, in den Brennraum eintritt. Sie trifft die daselbst aufgestellten Geschirre und entweicht durch die Blendungen der zweiten Wand *nn* in einen Kanal *o*, der als Esse dient. Durch das Schürloch *e* besorgt man das Feuer; Zugänge in der Rückwand und in *nn* dienen zum Einsetzen und Ausfahren, sind aber während des Brandes vermauert. —

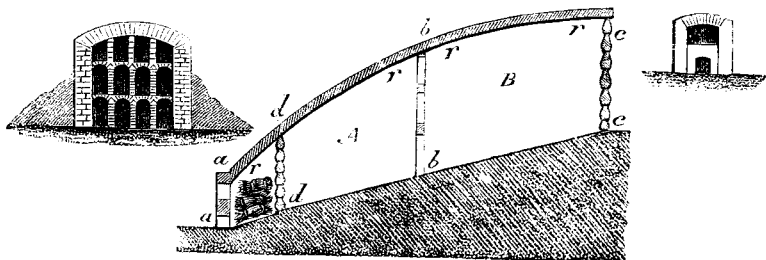
Der Brand.

Die Fig. 216 giebt einen Begriff von der Art Defen, wie man sie gewöhnlich für Holzfeuerung anwendet. Die Sohle ist geneigt, um die Wirkung der Flamme recht nach dem Boden zu ziehen, wo die Geschirre schwieriger gahr-

Fig. 218.

Fig. 216.

Fig. 217.



brennen. Die Mauer *a* mit den Schürflöchern, Fig. 217, die Mauer *b* (welche den Brennraum in einen hinteren *B* und vorderen *A* trennt), Fig. 218, sowie die Seitenwände sind von Backsteinen, dagegen die Rückwand *c*, das Gewölbe *v v* und die Wand *d* des Feuerraumes sind aus einer Art Töpfen zusammengefügt, die man besonders für diesen Zweck macht. Besonders für die Gewölbe gewähren sie Vorthail, insofern sie große Leichtigkeit mit bedeutender Festigkeit vereinigen. Im Gewölbe sind die Lücken zwischen den Töpfen ausgefüllt, bei *c* und *d* dagegen für den Durchgang der Flamme offen gelassen. Wenn ein solcher Topf in einer Mauer von allen Seiten her gleichmäßig gedrückt wird, so leistet er nach demselben Principe Widerstand wie ein Gewölbe im Großen. In dem hinteren Raume *B* ist die Temperatur nicht mehr hoch genug, um Steinzeug darin zu brennen, man braucht ihn daher für gewöhnliches Töpferzeug. Die Zwischenwand *a* ist durchbrochen und dient zu einem besonderen Zwecke. Vermöge der Neigung der Sohle üben nämlich die eingesetzten Geschirre einen bedeutenden Schub nach vorn, der durch diese Mauer zur Hälfte getragen wird. —

Das Vorfeuer dauert in diesen Defen, die 50' bis 60' lang sind, 5 Tage, das Scharffeuer 3 Tage, dagegen ist bei letzterem der Holzverbrauch verhältnißmäßig bedeutender. Die Hitze erreicht oft 120° Wedgwood, wenigstens in der Region, wo das Steinzeug sich befindet, wie denn überhaupt diese Waaren nach dem Porzellan die stärkste und unter allen die anhaltendste Hitze erfahren. Wenn die hintere Mauer *c* rothglühend erscheint, so schließt man die Feuerung und läßt den Ofen erkalten.

Glasur.

Genau genommen ist eine Glasur auf Steinzeug überflüssig, weil es dicht und glasig genug ist, um nichts durchzulassen, noch zu schmelzen. Indessen giebt man der etwas matten Oberfläche um so lieber Glätte und Glanz durch Glasur, weil dazu ebenso einfache als wohlfeile und originelle Wege zu Gebote stehen. Entweder nimmt man irgend eine mineralische Masse von geeigneter Beschaffenheit, wie sie die Gelegenheit bietet und die fähig ist, bei dem Brande des Steinzeugs gut zu schmelzen. Solche theils natürliche, theils gelegentlich bei anderen Betrieben abfallende Glasurmassen werden gemahlen und als fei-

ner Staub über die feuchten Geschirre gebeutelt oder gesiebt, wo sie eine dünne Lage bilden, die dann aufbrennt. Es gehören dahin vulcanische Gesteine, Laven und ganz besonders Schlacken aus Eisenschmelzen; in einer solchen, die in Frankreich gebraucht wird, fand Berthier in 100 Theilen: 56 Kiesel-erde, 7 Thonerde, 21 Kalk, 1 Bittererde, 12 Eisenoryd, 3 Manganoryd, welches einer Zusammensetzung, wie sie die Formel: $\text{SiO}_3 \cdot \text{MO} + 3 \text{SiO}_3 \cdot \text{M}_2\text{O}_3$ giebt, ziemlich nahe kommt, wo M 1 Aeq. Metall bedeutet. Die Leichtflüchtigkeit erklärt sich aus dem Reichthume an Eisen- u. Manganoryd von selbst. Derartige Glasuren werden ungleich seltner benutzt als die einfachere und uralte Glasur mit Salz. Sie besteht darin, daß man mehr gegen Ende des Brandes, wenn der Einsatz gehörig glühend ist, von oben durch besondere Oeffnungen Kochsalz in den Ofen wirft. Es muß nicht nothwendig rein sein, altes Kochsalz, welches zum Einsalzen gedient hat, ist ebenso tauglich; dafür muß in allen Fällen das Hineinwerfen von Salz ein zweites Mal wiederholt werden. Bei der vorhandenen Temperatur, welche die Rothglüh Hitze weit übersteigt, bildet das flüchtige Kochsalz einen Dampf, der alle Theile des Ofens plötzlich erfüllt und folglich die Geschirre an ihrer ganzen Oberfläche umgiebt, so daß eine Einwirkung auf die Kiesel-erde der Masse stattfinden kann. Beide Substanzen (Kiesel-erde und Kochsalz) wirken nur in Gegenwart von Wasserdampf auf einander, welcher aber zufällig in der Flamme stets enthalten ist. In der That dient der Sauerstoff des Wassers zur Bildung von Natron mit dem Natrium des Kochsalzes, während der Wasserstoff als Salzsäure mit dem Chlor entweicht; $\text{Cl}_2\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$, giebt Cl_2H_2 und NaO , welches sich mit der Kiesel-erde verbindet. Es ist also die entstandene Glasur ein Natronglas und bildet einen höchst dünnen Ueberzug. Lenkauf beobachtete, daß Thone von mehr als 50 Procent Kiesel-erde das Kochsalz um so besser zersetzen, je mehr Kiesel-erde sie enthalten; dagegen geringhaltigere nicht wirken. Um der Glasur eine braune Farbe zu ertheilen, pflegen die Töpfer während des Glasirens sehr rauchgebende Substanzen, z. B. Birkenrinde, in den Feuerheerd zu werfen. — Es geschieht leicht, daß Geschirre mit Salz übersetzt sind und einen Theil davon als Auswitterungen u. gehen lassen.

Das gemeine Steinzeug hat eine Farbe, die bald perlgrau oder blaugrau, bald gelblich, bald röthlich, zuweilen braunroth und angenehm braun, dagegen fast nie so licht ist, daß man sie für weiß ansprechen kann. Verzierungen pflegt man, außer Streifen und rohen Malereien mit Zaffer (Kobalt, vergl. S. 450), wobei die Contouren durch eine Art Gravirung mit spizen Klingen angedeutet wird, nicht leicht anzubringen.

In Deutschland bildete in der letzten Hälfte des 16. und zu Anfange des 17. Jahrhunderts das gemeine Steinzeug die Masse, welche gerade so zu Gegenständen des Luxus diente, wie heutzutage das Porzellan. Die Vollendung der Arbeit, der Geschmack und die Reinheit der Form, die erhabenen Verzierungen, kurz der gesammte Styl liefert einen interessanten Beweis, wie hoch damals deutsche Kunst stand und wie tief sie in's Volk eingedrungen war. — Gegenwärtig sind sehr ausgedehnte Töpfereien von Steinzeug in Bunzlau in Schlesien und in der Umgegend von Ballendar am rechten Rheinufer, Coblenz

In Deutsch-
land.

gegenüber. An dem ersteren Plage giebt man den Geschirren eine braune Farbe durch einen Ueberzug von rothem Mergelthon, der ganz so wie Glasur durch Eintauchen angebracht wird. Die Glasur ist zuweilen bleiisch wie bei gemeinen irdenen Waaren.

Bei Coblenz verarbeitet man zweierlei Thone, blauen zu grauer Masse und gelben für rothe.

In England.

In England ist die Steingutlöpferei hauptsächlich im Formen sehr vollkommen, besonders die chemischen Geräthe zeichnen sich in hohem Grade aus; die kleineren (Schalen, Retorten etc.) für chemische Laboratorien: durch Dünne, Leichtigkeit und scharfe Form. Die großen für chemische Fabriken (Säureflaschen, Woulff'sche Flaschen): durch ungeheure Dimensionen. Man fertigt solche von 2 bis 6 Dhm Gehalt, sie kosten aber auch bis zu etwa 20 Pfd.=St. Alle diese Gegenstände sind von schön brauner Farbe, welche durch Eintauchen in Wasser hervorgebracht wird, worin man Eisenorbd fein zertheilt hat, und mit Salz glasirt. Der Thon kommt von Dorsetshire und Devonshire und wird nach Umständen entweder mit Sand, gemahlenem Feuerstein oder Cement verfest, oder für sich (bei dauerndem Stehen) verarbeitet. Schwerere und große Stücke sind anfangs viel dicker, als sie sein sollen und werden erst nachher, wenn sie lufttrocken sind, zur richtigen Stärke abgedrechselt. — Der Brand geschieht in stehenden Defen, wie beim Porzellan, was bei dem höheren Preise in England angeht, und das Einsetzen geschieht zwischen Platten mit Stützen, wie unten beim Fayence beschrieben wird.

4) Die Fayence.

Geschicht-
liches.

Unter den verschiedenen Zweigen der Löpferei ist die feine Fayence jedenfalls am spätesten entstanden und im Vergleich zur gemeinen (emailirten Fayence) eine moderne Kunst zu nennen.

Thonwaaren aus einer weichen, porösen, kalkhaltigen und mit Email überzogenen Masse (also Fayence) sind zuerst von den Arabern verfertigt und von denselben nach Spanien eingeführt worden. So ist der berühmte Alhambra-Palast (erbaut 1273 von Mohamed Ben Alhamar) reich mit Fayence-Platten ausgelegt und mit Urnen von derselben Masse geschmückt. Nach Italien ist zwar die Kenntniß der Fayence ebenfalls von den Arabern (1415) hinübergebracht worden, es scheint jedoch diese Löpferei in derselben Epoche auch selbstständig von dem Florentiner Bildhauer Lucca della Robbia (1388 bis 1430) erfunden zu sein, der sie als Material zu künstlerischen Darstellungen mit ebensoviel Anstrengung als Erfolg ausbildete. Um das Jahr 1530 verpflanzte ein Großkel Lucca's die Kunst seines Großvaters nach Frankreich, wo sie bald in Vergessenheit gerieth und erst später um 1560 von Bernhard von Palissy wieder aufgefunden wurde, der italienische Muster nachzubilden strebte. Ungefähr aus derselben Epoche (von 1520) hat man Fayence-Geschirre aus Nürnberg, während die berühmte Fabrik zu Delft in Holland erst 1660 entstand. Endlich ist mit Bestimmtheit bekannt, daß in Persien emailirte Fayence im 17ten Jahrhundert gemacht wurde.

Es sollen zwar Proben von französischer feiner Fayence aus der Zeit

Heinrich's II., also aus dem 16ten Jahrhundert, vorhanden sein, indessen liegt doch die eigentliche Entstehungsperiode dieser Töpferei, für welche man bei ihrer allmählichen Entwicklung keinen bestimmten Zeitpunkt angeben kann, viel später und ist in der jetzigen Gestalt von England ausgegangen. Der Zusatz von gemahlenem Quarz wurde im ersten Decennium des 18ten Jahrhunderts von Th. Astbury eingeführt. Er hatte beobachtet, daß sich schwarzer Feuerstein weiß brennt und bediente sich desselben als eines Mittels, um die Geschirrmasse zu bleichen. — Das Drucken auf die Glasur wurde von Sadler und Green; die Cream colour-Waaren von Enoch Wood eingeführt. Als der wahre Schöpfer der englischen Töpferei ist aber der berühmte Josiah Wedgwood (1730 bis 1795) zu betrachten. Er gründete 1770 das Töpferdorf Etruria und wirkte sowohl durch einzelne Erfindungen, als auch durch seinen Geschmack und industrielles Genie auf die Gewerbtätigkeit seines Faches.

Der Name Fayence ist von der Stadt Faëncia in Italien abgeleitet; die ältere Benennung Majolica, womit man die italienische Fayence bezeichnete, soll eine Corruption des Namens der balearischen Insel Majorca sein. —

Unter diesem Ausdrucke sind eine Reihe von Töpferwaaren begriffen, die Charaktere zwar den Haupt-Charakter des erdigen Bruchs der Masse und der Undurchsichtigkeit, sowie einer weichen, leichtflüssigen, blei- oder doch borarhaltigen Glasur gemeinschaftlich haben, aber unter sich größere Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit als die übrigen Gattungen zeigen. Bei allen Sorten Fayence ist die Masse aus mehreren Thonen zusammengesetzt, bald plastischem oder Pfeifen-, bald Töpferthon, bald Mergel, wozu zuweilen Quarz kommt. Die Abwesenheit eines wirklichen Flusses, sowie das Brennen bei einer Temperatur, bei der keiner der Gemengtheile zusammensintert, oder zum Flusse kommt, unterscheidet das Fayence vom Porzellan und Steinzeug; während sorgfältiger Aufbereitung der Massenbestandtheile, folglich größerer Reinheit der Masse, meist auch Abwesenheit der Farbe die Grenzlinie zwischen dem ordinären Töpferzeug ziehen. — Die feinere Fayence, worunter das englische als Typus gelten kann, sind im Wesentlichen aus einem plastischen Thon und Quarz zusammengesetzt, also auch feuerbeständiger, dichter und härter als das gemeine, dessen Masse der Hauptsache nach aus einem Töpferthon mit Mergel besteht, und folglich kalkhaltig und weich ist. — Das feine Fayence hat stets eine durchsichtige, das gemeine eine Emailglasur. Beide besitzen nur ausnahmsweise die Tauglichkeit zu Kochgeschirre, indem sie in der Regel über dem Feuer springen, oder doch Glasurrisse bekommen.

a. Das feine Fayence (Steingut).

Steht dem feinen Steinzeug am nächsten und wird meist mit diesem Material. gemeinschaftlich in derselben Töpferei gefertigt oder in demselben Ofen gebrannt.

In England sind die Rohmaterialien, welche zu verschiedenen Sorten verbraucht werden: der cornish stone (S. 502) nebst dem sogenannten china clay, einem Kaolin, der schon geschlämmt von Cornwallis kommt, ferner zwei plastische Thone, die sich beide weiß brennen, und Feuerstein aus der Kreide.

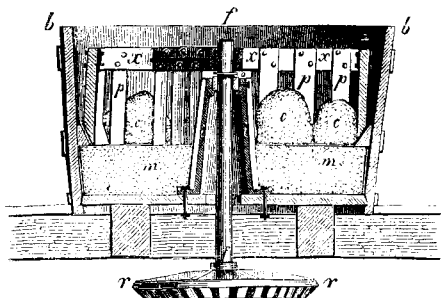
Was man daselbst iron stone nennt, empfängt neben dem plastischen Thon auch einen Zusatz von Kaolin und hat boraxhaltige Glasur; ganz ähnliche Waaren werden auf dem Continent unter dem Namen Halb-Porzellan, oder undurchsichtiges Porzellan gefertigt. Die earthen ware der Engländer dagegen ist nur mit Quarz (Feuerstein) versetzter plastischer Thon. Der Feuerstein, der sich im Feuer stets weiß brennt, welches seine Farbe auch sein mag, dient, wo er zugesetzt wird, gewissermaßen als Bleichmittel, indem er die gelbliche oder grauliche Farbe des Thons in's Unmerkliche verdünnt. Eine dritte Gattung, die sich an die ordinäre Fayence anschließt, enthält Kalk als Mergel. Es sind dies die drei Hauptverschiedenheiten, in welche sich alle hier einschlagenden Fabrikate einreihen lassen, obgleich unzählige Modificationen und Uebergänge stattfinden. Die folgenden Vorschriften sind nur Beispiele und dienen keineswegs als allgemeiner Anhaltspunkt:

franz.	englisch		
1.	2.	3.	4.
Plast. Thon von Montereau und Dreux 87	Plast. Thon von Dorset- oder Devonshire . . . 83 bis 86	Plast. Thon 64 Kaolin 16	Plast. Thon 82
Quarz 13	Feuerstein . . 17 bis 14	Feuerstein . . 16	Feuerstein . 16
		Cornish stone 4	Cornish stone 2

Nro. 3 ist die Masse, wie sie zum Drucken zusammengefest wird, Nro. 4 die in England so beliebte milchfarbene Masse (cream colour). Verschieden von den hier in Rede stehenden Waaren der englischen Töpferei ist das, was dieselben im Gegensatz dazu dry-body nennen, und bereits beim feinen Steinzeug beschrieben worden. —

Der Feuerstein ist eine nicht krystallisirte, schwarz oder braun gefärbte, aus Kieselerde bestehende Masse, die sich in rundlichen, einige Loth bis einige Pfund schweren abgerundeten Knollen von unregelmäßiger Gestalt in der Kreide vertheilt findet; sie enthalten Feuchtigkeit, eine organische Materie und zuweilen Eisen. Man fängt damit an, dieselben in stehenden, ununterbrochen arbeitenden Ofen ganz auf dieselbe Weise wie Kalkstein zu brennen; die glühenden Steine werden aus dem Ofen gezogen und in Wasser geworfen. Bei diesem Ablöschen wird der Stein weiß und blind, und springt nach allen Richtungen und wird hinreichend mürbe zum Zermahlen. Nicht bloß die Feuersteine, sondern auch der cornish stone etc. werden calcinirt und in den sogenannten Blockmühlen, Fig. 219., unter Wasser gemahlen; sie sind in England die allgemein gebräuchlichen. In einem starken Bottich *b*, *b* ist eine massive Platte *m*, *m* als Bodenstein eingelassen, auf dessen ebener Oberfläche mehrere lose und schwere Steinblöcke *c*, *c*, *c* von einem Mühlenwerke im Kreise herumgeschoben werden. Die Blockmühle empfängt ihre Bewegung durch das Winkelrad *r*, welches mit einem ähnlichen der horizontalen Hauptwelle in Angriff steht. Die Axe *f* der Räder geht durch den kegelförmigen Ansatz *i*, *i* — welcher Stopfbüchsen *cc.* überflüssig macht — fast so hoch hinauf, als der Rand des Bottichs. Der eine Drehungspunkt der Axe *f* ist außerhalb

Fig. 219.



der Mühle unter dem Rade *r*, der andere die Pfanne *o*. Oberhalb der letzteren tritt diese Axe in die Nabe eines dreiarmigen Rades *x, x, x*. Nabe und die Axe *f* können durch einen Stift (nach dem Princip Fig. 508) in und außer Verbindung gesetzt und folglich die Mühle nach Belieben gehemmt oder angelassen werden. Von jedem der drei Arme *x* (die als Speichen in die Felge *z* eingelassen sind) ge-

hen die eichenen Latten *p, p, p* senkrecht nieder und schieben die Blöcke *c, c* vor sich her, welche die Läufer vorstellen. Diese Läufer sind von Quarz, nämlich eine Art Kiefelschiefer. Wenn sie zu weit abgenutzt und zu leicht geworden sind, werden sie zum Zusammensetzen der Bodenplatten *m* verwendet und die Reste von dieser endlich mit dem Feuersteine calcinirt und selber gemahlen.

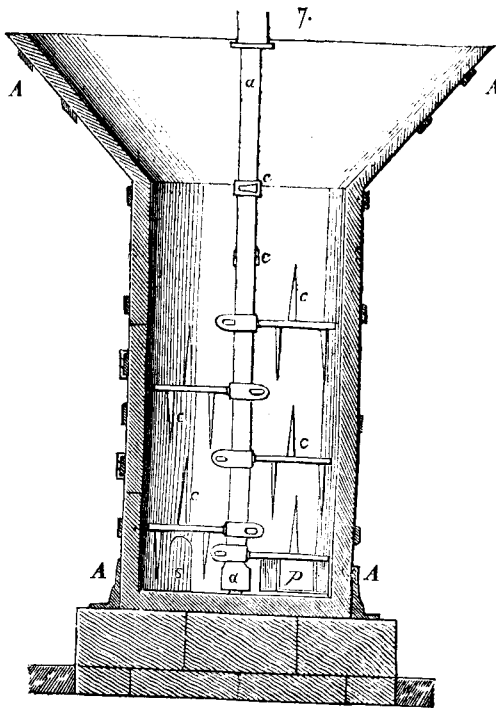
Wenn der hohe Preis kein Hinderniß wäre, würde man nur den feinsten weißen platt. Thon (china clay) nehmen, er wird jedoch der Wohlfeilheit wegen mit soviel grauem Thon versetzt, als die Qualität der Waare erlaubt. Wie dem auch sein mag, so werden die Thonklumpen unter stehenden Steinen zerdrückt, und dann in Maschinen mit Rührarmen mit Wasser dünn angemacht und geschlämmt. Man erhält auf diese Art einen Thonschlamm und einen Schlamm von Kiefelmehl, welche beide besonders durch Siebe gelassen und dem Maaße nach, nach dem Grundsatz S. 508 gemischt werden. Um die Mischung vollkommener zu machen, läßt man das Gemisch wiederholt durch Siebe. Der entstandene Schlamm (in England slip genannt) ist viel zu flüssig und muß noch vor der weiteren Verarbeitung auf die richtige Consistenz zurückgeführt werden; dies geschieht in den slip kilns durch Einkochen, eine der kostspieligsten Nebenoperationen, weil man dabei sehr beträchtliche Quantitäten Wasser zu verdampfen hat. Jene Defen sind langgestreckte viereckige Becken oder Gruben aus Mauerwerk, 80 bis 100 und mehr Fuß lang. Die unter dem Boden (aus gebrannten Thonplatten) befindliche Feuerung ist an dem einen, der Kamin an dem andern Ende, so daß das Feuer möglichst benutzt wird. Während des Kochens bildet sich an der Oberfläche ein schmutziger Schaum, welchen man abschöpft; im Uebrigen verhindert die Bewegung des Aufwallens das Absetzen der schwereren Theile und somit die Entmischung der Masse. Das Einkochen über dem Feuer, obgleich kostspielig, ist deshalb unerläßlich, weil der Verbrauch an Masse verhältnißmäßig größer als in Porzellanfabriken ist, so daß der Betrieb keine Zeit gewährt, auf Gypsplatten (durch Absorption) zu trocknen. Auch widersteht eine so fette Masse der Kraft jeder Presse, ohne Wasser abzugeben; nur magere (Porzellan-) Massen können durch Pressen eingedickt werden, wie S. 510 beschrieben. — Um sicher zu gehen,

daß der Feuchtigkeitszustand, die Consistenz und die Mischung der Masse wirklich gleichförmig ist, ehe sie in die Hände der Former kommt, so pflegt man sie in Knetmaschinen (pug mills) durchzuarbeiten.

Die
Thonmühle.

Die Wirkungsweise einer solchen Thonmühle geht aus ihrer Einrichtung in senkrechtem Durchschnitt, Fig. 220. hervor. A, A, A, A ist ein in Eisen gebundener hölzerner Bottich. Genau in der Ase desselben ist eine senkrechte Welle *a*, *a* angebracht, welche von der bewegenden Kraft um sich selbst gedreht wird. Sie trägt 7 über einanderstehende horizontale Arme *c*, *c*, *c*., woran je 3 schneidende Klingen aufgezogen sind. Die untersten Klingen *p* an dem untersten Arme sind mit einander verbunden und schief gestellt. Vermöge

Fig. 220.



dieser Stellung nehmen sie fortwährend die unterste Schicht Thon vom Boden weg und drängen sie durch die Oeffnung *S* nach außen. Dadurch sinkt dann die übrige Masse stets von oben nach unten und begegnet so unausgesetzt der Wirkung der oberen Klingen, in deren Bereich sie nach einander eintritt. Bei anderen Maschinen sind die Klingen horizontal; aber in einem gewissen Winkel geneigt aufgezogen, so daß das ganze System zusammen eine Art Schraubenfläche bildet, welches den Thon schneidet und zugleich nach unten, der Oeffnung *S* zu schraubt.

In den englischen Töpfereien ist das Lagern und Faulenlassen der Masse nicht üblich, sie wird meistens unmittelbar verarbeitet. —

Das Formen.

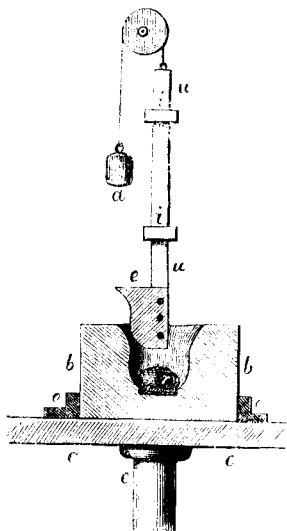
In Bezug auf die Formung sind die Fayencetöpfe durch die viel größere Bildsamkeit der Masse, den Porzellanfabriken gegenüber, ebenso und noch mehr begünstigt als die Verfertiger von Steinzeug. Es spricht sich dieser Umstand nicht sowohl in der Genauigkeit, Eleganz und Feinheit der Form, als vielmehr in der Geschwindigkeit aus, womit besonders einfach gestaltete Geschirre gemacht werden können. — Ein geübter Former fertigt in einem Arbeitstage von 10 Stunden, von 2 Jungen unterstützt, 60 bis 70 Duzend Teller, ja nach anderen Angaben oft noch vielmehr. Jedenfalls ist dies eine Hauptursache des wohlfeilen Preises. Von der Töpferscheibe wird eine umfassendere Anwendung gemacht;

sie werden in England durch Dampfkraft bewegt. Von einer gemeinschaftlichen Welle an der Decke des Zimmers geht ein ledernes Laufband nach jeder Scheibe nieder und und zwar um eine kegelförmige Rolle. Wirkt das Band an dem dünneren Theile, so ist die Bewegung rasch, wirkt es an dem dickeren Ende, langsamer und es kann durch Verschieben die Geschwindigkeit beliebig und nach Bedürfniß verändert werden. Wo man keine Dampfkraft benützt, dreht ein Gehülfe ein Treibrad, welches in gleicher Weise mit der Scheibe verbunden ist. — Höhe und Weite der Arbeitsstücke wird durch ein Richtmaass ganz wie Fig. 194 angegeben, bestimmt. Eine größere Genauigkeit ist hierbei unnöthig, weil alle glatten Gegenstände von einfacher Gestalt, d. h. Kreisquerschnitt, wenn sie halbtrocken sind, auf das Futter einer horizontalen Drehbank aufgeschoben und durch Drehseln auf genaue und richtige Umrisse zurückgeführt werden. Solche Drehbänke werden meist mittelst eines Trittbrettes durch Gehülfen oder Gehülfsinnen in Bewegung gesetzt, welche auf bewunderwürdige Weise die zu erzeugende Geschwindigkeit dem Erforderniß des Drechslers anzupassen wissen, gleichsam von einem gemeinschaftlichen Willen geleitet, während sie zu gleicher Zeit alle nöthigen Hülfsleistungen, wie das Stempeln, Zu- und Wegtragen u. verrichten.

Die fertigen Gegenstände werden von der Scheibe durch Abschneiden mit Draht gelöst, um Verbiegungen zu verhüten. Alle Waaren von nicht kreisförmigem Querschnitt, alle fagonirte Waaren und solche mit erhabenen Verzierungen u. werden aus Gypsformen erzeugt, in welche man Platten mit Schwämmen eindrückt (vergl. S. 513). Runde Gegenstände mit dünnen Wandungen werden auf der Scheibe, aber mittelst Gypsformen und Chablonen gemacht. Ueberhaupt finden die Schablonen (von Blech, Horn oder öfter von gebranntem glasiten Thon) eine vielfältige Anwendung, theils für die äußere, theils für die innere Contour. — In vielen Fällen, z. B. bei ovalen Gegenständen, ist die Gypsform auf einer sogenannten Handscheibe befestigt. Solche Handscheiben sehen den eigentlichen Töpferscheiben ähnlich, unterscheiden sich aber durch die Abwesenheit eines besonderen Bewegungsmechanismus und dienen dem Former nur in ähnlicher Weise, wie die beweglichen Stativ dem Bildhauer, d. h. zur leichteren Beweglichkeit der meist schweren massiven Gypsform. Die Thonlappen zu Tellern, Platten u. verschafft man sich nicht wie bei der Porzellanmasse, sondern mittelst eines schweren unten geebneten Gypsblocks, indem man damit Ballen gegen eine ebene Tischplatte platt drückt.

In England hat man in der neueren Zeit für gewisse einfache Formen, die stets und in Masse gefertigt werden, wie glatte Overtassen u. s. w., die Hand des Formers durch Maschinen zu ersetzen gesucht. Die Skizze, Fig. 221., giebt eine Idee dieser Einrichtung, abgesehen von dem Bewegungsmechanismus. Die Tassen werden mittelst einer Chablone *e* und der Gypsform *b* geformt; die Chablone bildet den inneren, die Form den äußeren Umriß. Diese, die Gypsform, ist mittelst des eisernen Rahmens *o*, *o* genau in die richtige Lage, d. h. so fixirt, daß ihr Mittelpunkt mit der Spitze der Chablone in eine Linie fällt. Die Platte *c* und der Fuß *e*, worauf die

Fig. 221.



Gipsform ruht, bilden zusammen eine Töpfer-scheibe, welche leicht und augenblicklich durch ein Trittbrett mit der bewegenden Welle verbunden und mithin in Umdrehung versetzt werden kann. Ebenso kann die am Gegengewicht *a* hängende Schablone durch ein zweites Trittbrett mittelst *u* in der Senkrechtführung *i i* genau bis auf die gehörige Tiefe niedergesenkt worden. Legt man nun einen Thonballen *r* in die Form und setzt die Tritte in Bewegung, so wird sich die niedergehende Schablone in die umlaufende Thon-masse (wie eine Bohrmaschine) einbohren und eine Tasse bilden, deren Wandstärke dem Ab-stande entspricht, welchen die Schablone im tiefsten Stande gegen die Formwand behauptet. Auf diesen Abstand muß die Maschine regulirt werden. Nach geschehener Formung, wozu nur wenige Secunden hinreichen, genügt es, die Tritte loszulassen, wodurch die Form in Ruhe gesetzt und die Schablone durch die Ueber-

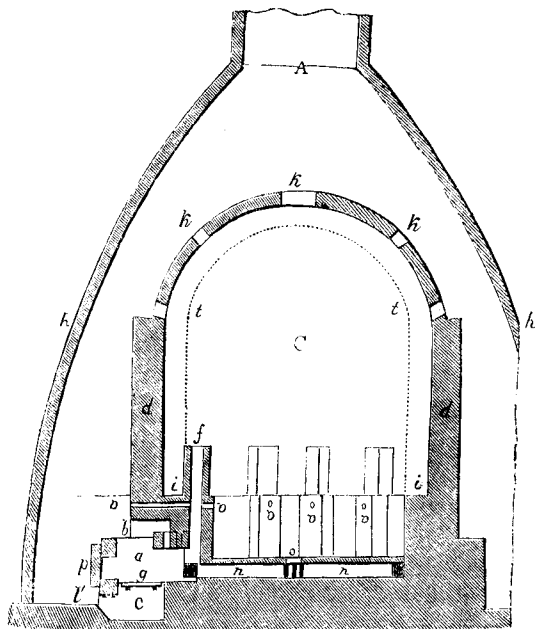
wucht von *a* über die Form gehoben wird. Als dann tauscht man die Form mit dem fertigen Stück gegen eine neue aus und beginnt von vorn. Eine solche Maschine wird nur von Handlangerinnen beaufsichtigt, die natürlich weniger Lohn empfangen, als geübte Former.

In Mettlach bei Saarbrück pflegt man die Thonlappen durch Maschinen aus einem cylindrischen Thonblock mit feinem Draht zu schneiden.

Brennen.

Die Temperatur, bei welcher die Masse der feinen Fayence gahr wird, ist viel höher als die Glasur verträgt, weshalb diese Waaren denn stets zwei Brände erleiden. Bei dem ersten wird die Waare gahr oder zu Biscuit (was also ein von dem verglüheten Porzellan sehr verschiedener Zustand ist), bei dem zweiten wird die Glasur eingebrannt. Man hat entweder für jede von beiden Einrichtungen einen besonderen Ofen, oder man setzt auch die zu glasirenden Waaren in die höheren und kühleren Räume desselben Ofens ein, welcher unten Biscuit enthält. In England befolgt man allein den ersten Weg. Der Ofen *A*, Figur 222., der daselbst allgemein mit einem kegelförmigen Gehäuse, howel, *h, h*, welches zugleich als Bedachung und als Schornstein dient, umgeben wird, hat nur einen Arbeitsraum *C*. Seine Einrichtung ist die eines stehenden Flammofens und unterscheidet sich von denen der Porzellantöpfereien dadurch, daß er auf Steinkohlenfeuer und eine bessere Vertheilung der Flamme berechnet ist. Der Feuerherd hat eine obere Oeffnung *b*, und eine untere *c* zum Ausräumen der Cinders; *p* ist die Thüre zur eigentlichen Heizung. Der Rost *g* ist nicht absolut nothwendig und fehlt zuweilen. In jedem Falle aber geht der Zug durch *b* abwärts und führt die entstehende Flamme anfangs in horizontaler Richtung in den Ofen. Sie theilt sich aber bei ihrem Eintritt sogleich in zwei Zungen,

Fig. 222.



von denen die eine, ihre Richtung beibehaltend, in dem waagerechten Kanal *n* unter der Sohle hergeht, um erst durch die Oeffnung *o* im Mittelpunkt in den Arbeitsraum zu treten. Die andere Hälfte der Flamme nimmt ihren Weg durch die niederen Ramine *f*, die etwas von der Ofenwand *d* ab nach innen gerückt sind. Es entspricht mithin jeder Feuerung (meist 7) ein Ramin *f* und ein Kanal *n*; die letzteren laufen sämtlich sternförmig in *o* zusammen und werden nach dieser Oeffnung hin enger. Die Löcher *i, i, i* im Gewölbe

dienen der Flamme zum Austritt. Bei älteren Defen fehlen die Kanäle *n* und die Ramine *f* stehen an der Wand, da man erst neuerdings die Erfahrung gemacht hat, daß eine Erweiterung des Ofenhalbmessers um den Abstand *i* keine fühlbare Vermehrung des Kohlenverbrauchs nach sich zieht. Die Oeffnungen *v, v*, vor denen die Probekapseln stehen, dienen zum Ziehen der Proben, aus deren Ansehen man auf den Fortgang des Feuers schließt.

Die Höhe des Arbeitsraumes beträgt etwa 18' h. (14½ rh.), sein Durchmesser 16' h. (12¼ rh.). Von gleicher Einrichtung, aber etwas größer, sind die Defen zum Glasiren.

Da man meistens mehrere Sorten feines Fayence zu gleicher Zeit fertigt, oder auch feines Steinzeug, so ist es Regel, das Gut je nach dem Hitzgrade, für den es sich eignet, in dem Ofen zu vertheilen, so z. B. das sog. iron stone an die heißesten Stellen zc.

Keine Sorte verträgt die unmittelbare Einwirkung des Feuers, am wenigsten der Steinkohlenflamme, ohne beschädigt zu werden, so daß die Anwendung der Kapseln stets nothwendig ist. Indessen erlaubt die verhältnißmäßig niedrigere Temperatur, d. h. der Umstand, daß die Geschirre nie bis zum Erweichen gebrannt werden, eine bedeutende Raumersparniß; sie bedürfen durchaus keiner so sorgfältigen Unterstüßung, und können viel dichter auf einander gesetzt werden. Es bleibt übrigens stets nothwendig, die einzelnen Stücke von einander getrennt zu halten. Bei flachen Gegenständen, wie einem Teller *d*, Fig. 223, dienen dazu 3schneidige Pinnen *b, b', b''* u. *c, c', c''*, Fig. 224, aus hartem Thon oder

Fig. 223.

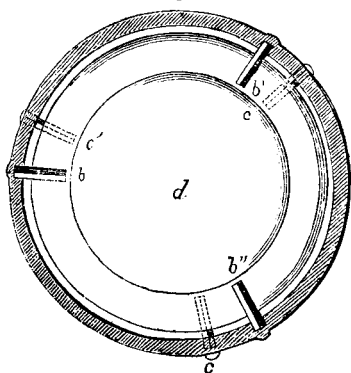


Fig. 226.

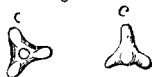


Fig. 224.

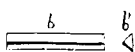
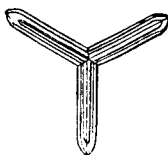


Fig. 225.



Fayence-Masse. Sie werden mit dem einen Ende in besonders dazu vorhandene Löcher in der Kapselwand eingeschoben, während die Teller auf der Schneide des frei hervorragenden übrigen Theiles ruhen. Die 3 Pin-
nen sind in gleicher Höhe angebracht und dienen für 1 Teller, der mit dem Rande nach unten, dem Boden nach oben liegt. Hohlwaaren, wie Töpfe u. werden über einander gesetzt oder in einander geschachtelt, aber stets entweder durch 3armige Pin-

nen, Fig. 225., oder von der Gestalt der Räucherkerzen, Fig. 226., von einander getrennt. — Die Kapseln werden je 18 bis 19 Stück zu Stößen auf einander gehäuft, von denen in einem Ofen der angegebenen Dimensionen 87 Raum finden. Wenn nun, wie meistens, 15 oder 16 Stück Teller in eine Kapsel gehen, so würde ein Ofen (angenommen, man brenne nur solche) gegen 26000 Teller fassen.

Die Temperatur im Biscuitofen ist 90° bis 100° Wgd.

Glasiren.

Für die Glasur werden, mehr oder weniger, folgende Substanzen als Bestandtheile in Anwendung gebracht: Feldspath, der viel aus Amerika gebracht wird, oft ersetzt durch den mehr erwähnten cornish stone (S. 502), ferner: Feuerstein, Sand, Schwerspath, Soda, Zinkal (S. 272), Natronsalpeter, Bor säure, Krystallglas, Mennige, Bleiglätte, Bleiweiß (Zinnoryd), Smalte. Die Vorschriften sind außerordentlich abweichend, theils wegen Verschiedenheit der Masse, theils wegen verschiedener Bestimmung der Geschirre, ob sie weiß bleiben oder bedruckt oder bemalt werden; theils aus Gewohnheit und Herkommen*). Jederzeit ist aber die Glasur bleiisch, weiß; zugleich thonerde- und natronhaltig. Die Mennige und der Natronsalpeter wirken als Reinigungsmittel (vergl. S. 398), das Kobaltoryd, höchstens zu $\frac{1}{1000}$ zugesetzt, hat die Bestimmung, der Glasur einen leichten Stich in's Blaue zu ertheilen, wodurch der gelbliche Thon der Masse verdeckt wird. Eine gute Glasur muß möglichst durchsichtig und farblos erscheinen, nicht leicht vom Messer geritzt werden, und sich in Betreff ihrer Ausdehnung durch Wärme möglichst der der Masse anschließen. Die Gemengtheile werden meist zusammengeschmolzen, oder auch nur gefrittet; das Produkt stellt nach dem Mahlen und Schlämmen die zum Glasiren dienende Masse dar. Sie wird gepocht und geschlämmt. Mit Bor säure und Soda geschmolzen ist sie rein durchsichtig und grün, mit

*) Neuerdings ist in England eine Glasur aufgefunden, welche dem feinen Fayence ziemlich täuschend das Ansehen von ächtem Porzellan ertheilt, besonders bei Malerei in Kobaltblau.

Zinkal dagegen schmutzig braun und unrein. — Die Mennige wird nicht mitgefrittet, sondern für sich zu dem Glasurmehl gesetzt. Das Glasiren selbst geschieht durch rasches Eintauchen des Biscuits in die mit Wasser zu einer dünnen Schlempe angemachte Glasur, wobei alle Vorsichten gelten, die bereits bei dem Porzellan (S. 519) beschrieben sind. Glasiren.

Nachdem die naßglasirten Waaren wieder lufttrocken geworden, schreitet man zum Einbrennen der Glasur. Die dazu dienenden Kapseln sind etwas größer als die Biscuitkapseln, und müssen inwendig glasirt sein, wenn man sich nicht der unvermeidlichen Gefahr aussetzen will, daß die Kapselwand einen Theil der Vasen der Geschirrglasur, besonders Bleiorpd, aufsaugt, wodurch die letztere unfehlbar, matt, rau und trübe wird. Den Boden der Kapsel bedeckt man mit grobgemahlenem Feuerstein, so daß die untersten Geschirre auf den Spigen dieses scharfen Sandes, also nur auf wenigen freien Punkten ruhen. Die Geschirre unter sich sind durch ähnliche Pinnen, wie oben das Biscuit, auseinander gehalten. Bei der Fayence des Handels unterscheidet man leicht die Punkte an der Glasur, womit das Geschirr die Schneiden der Pinnen berührt hat, sie sind um so unmerklicher, je scharfer die Schneiden sind. Da wo zwei Kapseln einander berühren, wird die Fuge mit Thon verstrichen.

Zum Brennen wird man natürlich nur eine Steinkohle wählen, welche Feuerung. eine möglichst lange Flamme giebt, auch ist es gut, wenn sie nicht zu stark bakt, damit man nicht nöthig hat, so oft das Feuer zu räumen, wodurch stets Unreinigkeiten mit in den Ofen gerissen werden und eine schädliche Erkaltung eintritt. Zuerst bringt man größere Stückkohlen in den Grund des Feuerheerdes, so daß sie eine Art Mauer oder stehenden Rost bilden, durch dessen Zwischenräume die Flamme eintritt. Vor und über die Stückkohlen kommt kleinere Kohle. Anfangs giebt man schwächeres Feuer bis der Ofen und dessen Inhalt allmählig glühend geworden, alsdann verstärkt man die Hitze und läßt den Zug mehr von unten durch *b'* eintreten, indem man bei *b* durch Schließen oder Oeffnen mit der Deckplatte regulirt. Ein Biscuitbrand dauert ungefähr 40 Stunden und verzehrt 14 Tonnen (à 22 Centner) Steinkohlen; der Glasurbrand dauert nur 15 Stunden. Zur Beurtheilung des Brandes dienen hohle Thonkugeln, welche an zwei Seiten durchbohrt und mit etwas Eisenorpd gefüllt sind. Man schließt aus der Schwindung und dem Grade der Färbung, welchen letzteres hervorgebracht hat, auf den Feuergrad. Sie werden erst blaßroth und nachher durch mehrere Nuancen rothbraun. Die Sorten Fayence, welche dem iron stone gleichkommen oder nahe stehen, sind gahr, wenn die Proben dunkel braunroth, die weicheren Sorten, wenn die Proben schwach dunkelroth erscheinen.

Für den Glasurbrand hat man Thonkugeln, aber mit Glasur, womit sie vorher überzogen werden, an welcher dieselben Farben nach einander zum Vorschein kommen.

Gewöhnlich bewahrt man die Proben der am meisten gelungenen Brände auf, um sie bei späteren Bränden als Vergleichungspunkt für Waaren gleicher Art zu gebrauchen.

Wenn auch kunstgerechte Malerei auf Fayence mit dem Pinsel nicht an

ihrem Orte ist, so werden doch Farbenverzerrungen (sei es niedere Malerei mit dem Pinsel, sei es durch Druck) sowie Metallüberzüge im allergrößten Maßstabe ausgeführt. So wie das Porzellan für die höhere Malerei, so ist die Fayence das eigentliche Feld für Drucken mit Farben, welches hauptsächlich in England in höchster Vollkommenheit betrieben wird.

Drucken. Das Wesen des Fayencedrucks besteht darin, daß man aus einer beliebigen feingeriebenen Farbe und Leinölfirniß, einen Druckfirniß bereitet (gerade wie aus Kienruß und Leinölfirniß beim gewöhnlichen Kupferdruck) und einen Abdruck auf Papier nimmt. Wird ein solcher Abdruck, der also ein wahrer Kupferstich ist, mit der bedruckten Fläche auf Fayence aufgeklebt und das so überzogene Geschirre in Wasser getaucht, so weicht das Papier und das Klebemittel auf und kann abgezogen werden, während der in Wasser unerweichbare Farbensfirniß auf dem Geschirre als Zeichnung zurückbleibt und alsdann eingebrannt werden kann. Die nämlichen Farbentheile, welche anfangs die Linien der Gravirung ausfüllen und auf das Papier übertragen werden, sind es mit hin, die auf die Geschirrfäche übergehen und beim Einbrennen darauf festschmelzen.

Natürlich können nur diejenigen Farben gewählt werden, deren chemische Natur mit den Umständen, d. h. mit der Beschaffenheit der Glasur, der Temperatur des Brandes u. verträglich ist. Blau mit Kobalt, schwarz mit Mangan, grün mit Chrom sind sehr gewöhnlich; am häufigsten und beliebtesten aber die sogenannte pink colour *) der Engländer, übersaures zinnsaures Chromoxyd mit zinnsaurem Kalk, welche besonders auf iron stone gebraucht wird. Diese Farbe, anfangs ein Fabrikgeheimniß, wurde von Malaguti chemisch zerlegt und nachher aus dem Ergebniss eine Vorschrift zusammengesetzt, die sich in der Fabrik zu Montereau in Frankreich aufs Beste praktisch bewährt hat.

Die chemische Zerlegung
ergab:

Zinnoryd (Sn O_2)	78,31
Kalk	14,91
Kieselerde	3,96
Thonerde	0,95
Wasser	0,61
Chromoryd	0,52
Chromsaures Kali	0,26
Kali und Verlust	0,48

100,00.

Darnach wurde als Vorschrift
gegeben:

Zinnoryd	100
Kreide . . .	34
Chromoryd	1 bis $1\frac{1}{4}$ (od. chromsaures Kali 3 bis 4)
Kieselerde	5
Thonerde	1

Selten werden diese Farben auf die Glasur, fast immer auf das Biscuit gedruckt; in diesem Falle ist der Zusatz eines Flusses nicht immer nothwendig, weil die Glasurdecke dessen Stelle vertritt.

Die Kupferplatte wird etwas weitläufiger gravirt (besonders schraffirt) als gewöhnlich, damit die Linien nicht ineinander fließen; ebenso werden die

*) Nelkenfarbe.

tieferen Töne, die mehr Farbe brauchen, tiefer gestochen. Sonst geschieht der Abdruck wie bei Kupferstichen, in derselben Presse, aber auf ein besonders zubereitetes Papier. Dieses muß zugleich fein, weich, aber auch gleichartig und haltbar sein, so wie das chineesische oder das Josephpapier. Um es klebend zu machen, wird es mit Leinsamenschleim oder einer ähnlichen gummösen Materie getränkt und feucht zur Presse gebracht. Man erhält so Bignetten, Guirlanden, Bouquette u. nach möglichster Benützung des Raumes durch einander, deren Dimensionen für die Größe der Geschirre berechnet sind. Nachdem diese Theile mit der Scheere einzeln ausgeschnitten, legt man sie mit der bedruckten Fläche gegen das Biscuit und drückt das Blatt mit Baumwolle an, wo es leicht klebt, und läßt das Geschirr in Wasser fallen. Nach kurzer Zeit läßt sich das Papier wie eine dünne Haut abziehen, und die Zeichnung bleibt rein und unverlegt zurück. Genaue Zeichnungen werden auf diese Art nur da erhalten, wo man vom ebenen Papier auf ebene Flächen überträgt; meistens aber wird das Papier auf gekrümmte Oberflächen durch Dehnung und Streichen zum faltenlosen Anliegen gezwungen, so daß die Zeichnung nothwendig eine Verzerrung erfährt. Sie ist übrigens — da hier ohnehin der Maasstab, wie an künstlerische Leistungen, nicht angelegt werden darf — unmerklich, wenn nicht Falten und Risse des Papiers als Unterbrechungen der Zeichnung wieder hervortreten. Schon weit merklicher ist ein anderer fast unvermeidlicher Fehler beim Uebertragen von Guirlanden und Randverzierungen: diese verlaufen nämlich nie in sich selbst, sondern sind da, wo die Enden des Papierstreifens an einanderstoßen, durch eine scharfe Linie getrennt. —

Wollte man das bedruckte und wieder getrocknete Biscuit unmittelbar glasiren, was, wie oben angeführt worden, durch Eintauchen geschieht, so würde zwar der Grund, aber keineswegs die durch den Firniß fettgewordenen Drucklinien Glasur ansaugen. Es ist daher unumgänglich nothwendig, den fetten Firniß vorher durch Hitze zu zerstören. Das Feuer soll hierbei eben nur den Firniß abbrennen, ohne jemals so weit zu steigen, daß eine chemische Einwirkung der Farbe auf das Biscuit eintritt. Diese Regulirung übernimmt ein neuerdings in England eingeführter Ofen mit der vollkommensten Sicherheit zur großen Erleichterung der Fabrikanten und zwar ohne Kosten für Brennstoff, da man allein die von den Brennöfen abfallenden Cinders benützt. Der fragliche Ofen ist ein Viereck von der Größe eines mittleren Zimmers, oben überwölbt. Durch eine Thüre am Boden wird ein eiserner Kasten, ein beweglicher Windofen *) auf einer Eisenbahn in die Mitte des Raumes geschoben. In den 4 Ecken gehen Röhren durch das Gewölbe bis nahe zum Boden nieder, die sich zu jenem Windofen wie ebensoviel Essen verhalten und das Feuer der brennenden Cinders nach den Seiten ansaugen, also vertheilen. In der Mitte der Decke ist ein kurzes Rohr angebracht. Dieses und die vier anderen sind an ihren äußeren Mündungen mit Klappen versehen, und zwar so, daß die mittlere Klappe mit jeder der 4 Ecken durch Hebel in Verbindung steht. Diese Hebel gestatten das Schließen jener, nur durch Deffnen dieser und

*) Dem großen Naturforscher zu Ehren der „Davy“ genannt.

Drucken. umgekehrt. Man beginnt nun damit, den Raum so dicht voll Geschirre zu setzen als möglich, die glühenden Einders einzufahren, die Thüre zu verstreichen und die Klappen in Bereitschaft zu setzen. Die Mittelklappe wird nämlich durch eine im Ofen befindliche Bleistange geschlossen gehalten; folglich sind die in den 4 Ecken offen. Das Feuer schreitet in seiner Wirkung langsam von unten nach oben vor, es entweicht ein dichter, häßlich riechender Qualm, bis endlich die Hitze jene an der Decke befindliche Bleistange ergreift und abschmilzt. Sogleich springt die Mittelklappe auf und die 4 Eckklappen fallen zu und verstopfen den Zug, das Feuer erstickt, während der Rest des Qualms durch das Mittelloch entweicht. Nach gehöriger Ventilation kann man die Geschirre ausfahren. —

Nach dieser Operation kann nun mehr glasirt werden wie gewöhnlich.

Wenn der Druck auf die Glasur übertragen wird, so muß diese durch einen Ueberzug von Copalsirniß und Terpenthinöl für die Annahme der Druckfarbe vorher empfänglich gemacht werden. — Natürlich fällt das Abbrennen des Firnisses als besondere Verrichtung für diesen Fall weg. — Das Uebertragen von Kupferstichen geschieht auch wohl mittelst aus Leimgallerte gegossener Tafeln. Zu dem Ende trägt man nur Oelfirniß ohne Farbe auf die Platte und erhält durch Abziehen und Uebertragen, die Zeichnung in kaum sichtbaren Linien von fettem Firniß. Stäubt man jetzt feingeriebene Farbe auf, so haftet diese an den klebrigen Linien der Zeichnung, aber nicht auf dem Grunde.

Malen. Das Auftragen von Farben mittelst des Pinsels aus freier Hand beschränkt sich auf das Anbringen von Reifen, Tupfen u. oder auch Blätter- und Blumenguirlanden, welche aber alsdann stehende Artikel sind, und von besonders dazu fabrikmäßig angelernten Arbeiterinnen ausgeführt werden. Also zeichnet z. B. die erste das Gerippe, die zweite die Umrisse von Blumen und Blättern vor, welche eine dritte mit Farben ausfüllt. Sehr häufig läßt man das Geschirre auf der Scheibe umlaufen und erzeugt Reifen durch bloßes Anhalten eines in Farbe getauchten Pinsels. Fast alle gedruckte oder ungedruckte Farbenverzierungen werden auf das Biscuit, selten auf die Glasur aufgetragen.

Angießen. Von ganz und verschiedener Behandlung sind die Verzierungen mit »Angußfarben«. — Man versteht darunter eine etwa syrupdicke, flüssige mit verschiedenen Farben versetzte Geschirrmasse, welche in dünnen Schichten auf Biscuit oder stark lufttrockne Waaren aufgegossen, dasselbst wie Glasur festgesaugt wird. Sehr einfach und am öftesten angewendet ist das Angießen um eine Oberfläche wie buntes Papier zu erhalten. — Gesezt es solle die gewünschte Marmorirung aus 4 Farben bestehen, so sind diese in den 4 Abtheilungen eines Gefäßes, welche in einem gemeinschaftlichen Ausguß enden. Beim Neigen fließen sie gleichzeitig und in einem einzigen Strahl, aber unvermischt aus; dieser Strahl wird mittelst des zu verzierenden Geschirrs aufgefangen, welches entweder in der Drehbank umläuft, oder mit der Hand gedreht und dabei mit einer gewissen Regelmäßigkeit geschwenkt wird, so daß sich die Schwenkungen als Wellen und Marmorirung darstellen. Die Glasur erfolgt oben darauf, wie gewöhnlich. —

Vergoldungen sind nicht gewöhnlich, viel häufiger die sogenannten »Metalllüstres«. Es sind dies ungemein dünne, zarte, glänzende Metallüberzüge, welche durch Auftragen einer verdünnten Lösung des Metalls und nachherige Reduction entstehen. Diese Reduction kann durch Bestandtheile einer solchen Lösung oder auch erst später dadurch erzeugt werden, daß man im Muffelofen eine reducirende Atmosphäre (Rauch) hervorbringt (Anräuchern). Zuweilen bedingt der Lüstres zugleich eine Färbung der Glasur und gewährt alsdann den doppelten Effect von Farbe und Metallglanz. Ersterer kann nur bei sehr großer Dünne durch den Metallüberzug gesehen werden. Von der Art ist der Goldlüstres, welchen man durch Auflösen von Gold und Zinn in Königswasser erhält, indem eine entsprechende Menge davon mit Schwefelbalsam (Lösung von Schwefel in Leinöl) und Terpenthinöl anmacht. Platinlüstres ist Chlorplatin auf gleiche Art mit Terpenthinöl versetzt; er erscheint mehr stahlgrau als weiß. — Einen Lüstres vom Ansehen der Käferflügeldecken (span. Fliegen) erhält man durch ein stark bleihaltiges Glas, welches mit Wismuthweiß und Chlorsilber versetzt wird. Wenn die damit überzogenen Geschirre zum Glühen gebracht sind, so wirft man Leder oder ähnliche Stoffe in die Muffel, welche die Metalle oberflächlich reduciren und so schillernde Ueberzüge hervorbringen, deren Farbenspiel in's Grüne, Rothe, Gelbe, Blaue ic. geht. Ein aus einem Kupferüberzug bestehender Lüstres wird z. B. in Spanien gemacht, doch ist seine Bereitung zur Zeit nicht bekannt.

Der Sitz der englischen Fayence-Fabrication und Töpferei ist die Grafschaft Staffordshire oder vielmehr ein District daselbst, der schlechtweg »The Potteries« genannt wird. In Frankreich sind es vorzugeweise die Umgegend von Paris, ferner Bordeaux, Saargemünd ic.; in Deutschland: Mettlach bei Saarbrück, Poppelsdorf bei Bonn (an beiden Orten verarbeitet man den Thon von Vallendar bei Coblenz, der auch nach Stockholm in Schweden in die Fayencefabriken geschickt wird), ferner Bai uth, Alshaffenburg, Kellsterbach ic.; Carlsbad in Böhmen. Fast alle der genannten Orte haben mit den englischen Fabriken gemein, daß sie mehrere Sorten Thonwaaren mit der feinen Fayence zugleich fertigen, welche ebenso viel Uebergänge nach dem Porzellan, feinem Steinzeug und gemeinen irdenen Waaren bilden. Der Verlauf der Arbeit unterscheidet sich nur in der Aufbereitung des Thons, in der Zusammensetzung der Glasur und den Verzierungen. So wird z. B. in Mettlach der Thon für die Masse nur gemahlen, nicht gewaschen, und einfache Darstellungen in Farben mit erhaben gravirten Stempeln aufgedruckt, wie die Postzeichen auf den Postbureaux. Man macht daselbst 4 Sorten von feiner Fayence, nämlich:

1. Steingut

aus einem plastischen Thon von der Pfalz,
gemahlenem Quarz (von Oberwald oder Berncastle)
und einem Kalktuff (bei Sierk).

Die Glasur ist bleihaltig, die Waare hat einen Stich in's Gelbe.

2. Gelbe (nankinfarbige) Fayence,

aus grauem plast. Thon von Vallendar bei Coblenz, und

einem andern Thon aus der Eifel, welche sich gelb brennen und mit Bleiglasur versehen werden.

3. Hartsteingut.

aus plast. Thon von der Pfalz,
gemahlenem Quarz und Gyps (Luxemburg).
Die Glasur ist ziemlich hartes borsäurehaltiges Bleiglas.

4. Porzellansteingut.

aus plast. Thon aus der Pfalz und von Vallendar,
gemahlenem Quarz und Knochenasche.
Die Glasur ist bleifrei, aus Borax, Alkali und Feldspath zusammen-
gesetzt.

Eine ganz eigenthümliche Waare, die sich am besten an dieser Stelle an-
reihet, sind die

Rölnische Pfeifen.

Sie erfordern einen Thon, der zugleich sehr bildsam ist und sich zugleich
sehr porös und völlig weiß brennt; solche Eigenschaften vereinigt nun der plastische
Thon und zwar erfahrungsmäßig diejenigen Schichten desselben, die die Sohle
der Thonlager bilden. Man verwendet in der That einen solchen Thon ohne
allen Zusatz von Quarz oder Fluß, sucht aber mit um so größerer Sorgfalt durch
Kneten und Schlagen eine feine und völlig homogene Masse zu erhalten. Diese
ist vor dem Brennen meist grau und muß einen bestimmten Grad der Ge-
schmeidigkeit besitzen, um zu den nachfolgenden mechanischen Operationen ge-
schickt zu sein.

Zuerst macht ein Arbeiter sogenannte »Weller«, Fig. 227, zwei zu-
gleich, in jeder Hand einen. Der dünnere Theil hat et-
was völlig die Stärke des künftigen Rohrs, während der di-
ckere etwas weniger als den Durchmesser des Kopfes hat. Ein
zweiter Arbeiter empfängt diese Weller bündelweise und zwar
bereits etwas abgetrocknet und steifer; er hat vor allen
Dingen die Röhren zu durchbohren. Zu dem Ende schiebt
seine linke Hand an einem Heft einen gedöhlten Messing-
draht vor, während die Finger (Daumen und Weiser) der
rechten Hand zugleich den Weller halten, und zugleich mit
einer tastenden Bewegung die Spitze des Drahtes leiten.
Die Spitze ist abgerundet knopfartig und es geht diese Ver-
richtung viel rascher von Statten, als man unter den Umstän-
den erwarten sollte. Man bohrt zuerst nicht die volle Länge
des Rohrs, sondern läßt einen Zoll etwa undurchbohrt, um
nunmehr die angefangene Pfeife mitsammt dem Drahte in
die Form, Fig. 228., zu bringen. Diese und der Stempel
a, Fig. 229., sind in einer Maschine in der Art mit ein-
ander verbunden, daß man denselben nur mittelst eines He-
bels in Bewegung zu setzen braucht, um ihn in die Form

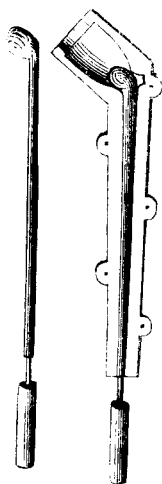
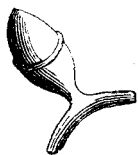


Fig. 227. u. 228.

Masse

Formen.

Fig. 229.

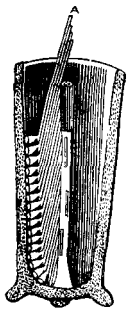


ezintreiben und dadurch die Höhlung des Kopfes zu bilden. Wie man sieht, ist für den schlichten Rand des Kopfes schon in der Form Sorge getragen; vermöge der Einrichtung kommt die Form schon durch die Art, wie sie geschlossen wird, an die rechte Stelle, um den Stempel aufzunehmen. Das Ankleben wird dadurch unmöglich, daß sich das Pfeifenrohr schon in den Händen des Arbeiters öft, und der Kopf besonders mit Del betupft wird. Nach dem Öffnen der Form bohrt man das Rohr vollends durch und schneidet den Rand — wenn dieser nicht durch den Stempel schon gebildet wird, wie oben — mit einer Klinge, die in einen Spalt der Form eingeführt wird, schlicht ab. Dies ist bei den Pfeifen mit schief abgeschnittenem Kopfe der Fall, wie die englischen. —

Sind die Pfeifen aus der Form genommen und der Draht zurückgezogen, so legt man sie so lange zum Trocknen hin, bis sie nicht mehr biegsam sind, nimmt die Nähte mit einer scharfen Klinge weg, um die Oberfläche mit einem andern Werkzeuge zu poliren. Dies ist eine Klinge mit einem halbrunden polirten Ausschnitt. Wo man das Rohr statt gerade, etwas geschweift wünscht, unterstützt man dasselbe auf den Trockenbrettern nur an beiden Enden, damit es sich in der Mitte einsenkt.

Die lufttrockenen Pfeifen können nur, da sie ihre weiße Farbe erhalten sollen, in Kapseln gebrannt werden. Sind die Pfeifen kurz und daher keine Verbiegung oder Brechen zu fürchten, so legt man sie ohne Regel, aber so dicht als möglich über einander. Sind sie länger, so giebt man den Kapseln im Innern ringförmige Vorsprünge, worauf die Köpfe ruhen, und in der Mitte eine gereifte Säule, woran sich die Röhren anlehnen, oder auch die letztere allein, wie Fig. 230. — Sehr häufig füllt man die Zwischenräume zwischen

Fig. 230.



den Pfeifen mit gebranntem und gepulvertem Thon (gemahlenen Kapselscherben) aus, damit sie in allen Punkten unterstützt sind. Die über den Rand der Kapsel hervorragenden Röhrenspitzen schützt man durch einen kegelförmigen Deckel. — Die Defen sind meistens von der Art, wie Fig. 222, so daß sie viele Kapseln auf einmal fassen, nur kleiner, entweder rund oder viereckig. Im Hannoverschen hat man ganz kleine Defen, ohne Kapseln, worin die Pfeifen mittelst einer Papierdecke, die man mit Thon angestrichen hat, gegen die Flamme geschützt werden. Das Papier verbrennt natürlich und hinterläßt die Thonschicht. Ein Brand dauert 14 bis 16 Stunden und zerfällt in Vor- und Scharffeuer.

Die gebrannten Pfeifen saugen, vermöge ihrer Porosität, stark Wasser an und kleben dadurch auf eine unangenehme Art an den Lippen. Um ihnen diese Eigenschaft zu nehmen, reibt man die Spitze entweder mit einer Mischung aus Seife, Wachs und Gummi, oder man bestreicht sie mit Harz, Pech oder Lack; oder endlich man glasirt sie. Die Glasur ist bleihaltig und sehr leicht flüchtig, so daß es genügt, die damit angestrichene Spitze in den Schloß eines Flammofens zu halten, um sie in etwa 10 Minuten glasirt zu haben.

Die rothen türkischen Köpfe gehören mehr den gemeinen Thonwaaren an, während die ungarischen eine Art Steinzeug sind.

b. Gemeine (emailirte) Fayence.

Diese Töpferwaare charakterisirt sich scharf durch gänzliche Undurchsichtigkeit und fehlende Weiße der Masse, durch ein lockeres Gefüge, Porosität und leichte Rißbarkeit, erdigen Bruch und einen Emailüberzug anstatt durchsichtiger Glasur. Hierzu kommt noch die chemische Eigenthümlichkeit der gahrgebrannten Masse, mit Säuren aufzubrausen, also Gehalt von unzersetztem kohlen sauren Kalk.

Mischung der
Masse.

In der That sind alle Fayence-Massen aus einem Gemenge von 1) Töpfer- oder auch plastischem Thone, 2) einem Thonmergel und 3) Quarz oder Quarzsand zusammengesetzt. So z. B. besteht die Pariser Fayence aus:

8 Theilen plastischen Thons von Arcueil	
36 " eines grünlichen Thonmergels	
28 " eines weißen Kalkmergels	
28 " eines gelblichen, mergelhaltigen Sandes.	

Im Allgemeinen läßt sich nur sagen, daß die Verhältnisse und Beschaffenheit der Bestandtheile an verschiedenen Orten bedeutend abweichend sind; jedoch gehen alle Vorschriften mehr oder weniger auf ein mittleres Verhältniß von Thon, Kiesel Erde und kohlen saurem Kalk hinaus, welches sich ziemlich deutlich aus dem Resultate der Elementaranalysen der Fayencemassen verschiedener Orte zu erkennen giebt, die in der folgenden Zusammenstellung enthalten sind:

Ursprung der Fayence.	Kiesel- erde.	Thon- erde.	Kalk.	Witter- erde.	Eisen- oxyd.	Kohlen- säure u. Verlust.	Besondere Bemerkungen.
Italienische (von Lucca bella Robbia) . . .	49,65	15,50	22,40	0,17	3,70	8,58	Brausen alle mit Säuren auf.
Majolica	48,00	17,50	20,12	1,17	3,75	9,46	
Alt Spanische	46,04	18,45	17,64	0,87	3,04	13,96	
Manassès bei Valencia . . .	54,71	18,80	19,69	Spur	2,20	4,60	
von Delft	49,07	16,19	18,01	0,82	2,82	13,09	
Persische	48,54	12,05	19,25	0,30	3,14	16,72	
von Rouen	47,96	15,02	20,24	0,44	4,07	12,27	
von Nevers	56,49	19,22	14,96	0,71	2,12	6,50	
von Paris	61,50	12,99	16,24	0,15	3,01	6,10	

Diese Mischungs-Verhältnisse kommen im Mittel sehr nahe auf gleiche Theile Kiesel Erde, (Weisen-) Thon und kohlen sauren Kalk heraus, welche demnach für die Mischung der Masse als Norm dienen müßten.

Sie beweisen ferner, daß der kohlen saure Kalk zum großen Theile beim Brennen von der Kiesel Erde zersetzt wird, indem die in der Geschirrmasse enthaltene Kohlen säure gegen den vorhandenen Kalk bei weitem unzureichend ist. Die Zersetzung ist aber nie vollständig, selbst nicht nach dem Einbrennen der Glasur.

Sämmtliche Sorten Fayence schmelzen bei starkem Feuer unter Aufblähen, ohne vorher durchscheinend zu werden, zu einem braunen oder grünen dunklen Glase zusammen und sind, bis auf wenige Ausnahmen, z. B. die

Eigenschaften
der Masse.

braune Pariser, dem Zerspringen durch plötzlichen Temperaturwechsel unterworfen, also zu Kochgeschirren nicht geeignet. Diese Untugend nimmt mit dem Mergelgehalt der Masse zu, mit dem wachsenden Thongehalt dagegen ab.

Die Bestandtheile werden geschlämmt, naß gemengt und in Gyps getrocknet. Das Formen der sehr bildsamen Masse ist leicht und ungemein rasch. Es geschieht theils auf der Töpferscheibe und durch nachheriges Abdrehseln, theils durch Gypsformen; alles in der bereits beschriebenen Art.

Der Brand ist ähnlich wie beim Porzellan, ein doppelter, d. h. die Waare wird zuerst verglüht als Vorbereitung zum Glasiren und nachher mit der Glasur glattgebrannt; aber der Temperaturunterschied beider Brände ist bei weitem geringer und beim Glattbrennen nur unbedeutend höher. Beide werden in

Fig. 231.

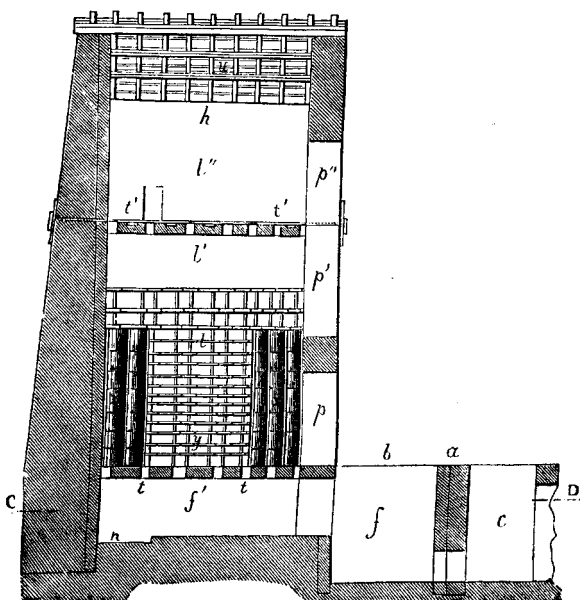
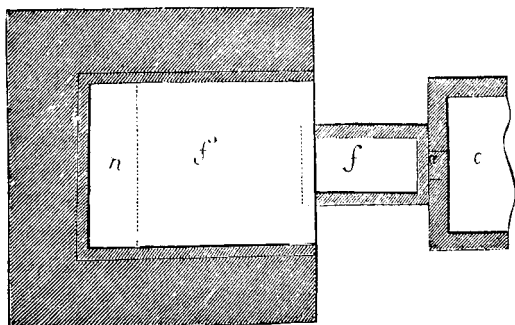


Fig. 232.



demselben Ofen vorgenommen. Die Ofen sind entweder liegende, oder stehende Flammöfen; in letzterem, dem gewöhnlichen Falle, weil überhaupt nur eine mäßige Temperatur erforderlich ist, nur mit einem Feuerheerd, also einschürige.

Fig. 231 ist ein senkrechter, Fig. 232 ein waagerechter Durchschnitt nach der Linie CD. Der Feuerheerd *f* ist für Holz nach der, Seite 521 beschriebenen Art eingerichtet; er steht rückwärts mit der Aschengrube *c* und vorwärts mit dem untersten Raume *f'* in Verbindung, welcher von oben durch ein flaches Tonnengewölbe geschlossen ist. Von da aus vertheilt sich die Flamme durch die Zuglöcher *ll*,

in dem untersten Theile *l* des Arbeitsraumes, wo die glasierte Waare aufgestellt ist, um dann in dem oberen Theile *l'* die unglasierten und nackt eingesetzten Waaren zu verglühn, worauf sie durch die Löcher *l''* eines zweiten Gewölbes entweicht und zwar entweder unmittelbar in's Freie, oder erst, wie in der Abbildung, in einen zweiten Raum *l'''*, der mit einem offenen Dache *u* versehen ist. Dieser Raum *l''* hat die Bestimmung, die verlorengehende Hitze zu Nebenzwecken zu benutzen, und wirkt zugleich als Kamin. Die Thüren oder Einsatzlöcher *p*, *p'* und *p''* werden vor dem Beginn des Brandes vermauert. — Die Grube *n* des Raumes *f* dient zum gelegentlichen Fritten der Emailglasur.

Einsetzen.

Das Einsetzen geschieht für die besseren Waaren, die besonderer Schonung bedürfen, in Kapseln *x x*, Fig. 223, für die geringeren aber in einer eigenthümlichen Weise mittelst Thonplatten *y y*. Wenn kein Ankleben durch die Glasur zu befürchten wäre, so würde man die Geschirre der Art ohne Weiteres auf einander setzen, und es haben die Thonplatten nur den Zweck, die verschiedenen Schichten in diesem Sinne von einander getrennt zu halten und den Druck der oberen gegen die unteren zu verhindern. Die besonders zu diesem Zwecke gebrannten eckigen Thonplatten ruhen auf massiven thönernen Säulen und stoßen mit den Rändern dicht an einander, so daß dadurch ein zusammenhängender Boden entsteht, worauf man auf gleiche Weise einen zweiten errichtet u. s. f. Zwischen die Wöden werden die Geschirre vertheilt. Damit endlich der Flamme durch alle diese Fächer die nöthigen Durchgänge bleiben, so sind die Ecken der Platten in Viertelskreisen ausgeschnitten, so daß beim Zusammenstoß runde Löcher bleiben, welche senkrecht über den Oeffnungen *ll* stehen müssen.

Die Verglühwaaren sind zum Theil nackt, ohne Zwischenplatten, auf einander geschichtet; nämlich die oberen Schichten in *l'*, nicht so die unteren.

Bei der geringeren Temperatur dieser Ofen ist hartes Holz von Eichen oder Buchen recht gut anwendbar; dagegen ließe sich weiße Waare bei Steinkohlen nicht wohl anders als in Kapseln brennen. In den Kapseln werden die einzelnen Stücke durch Pinnen und Dreifüße von einander getrennt. — Die Kapseln und Platten müssen aus den Seite 554 angegebenen Gründen stets glasiert sein.

Feuerung.

Das Vorfeuer dauert 15 bis 16, das Scharfffeuer 12 bis 14 Stunden. Die Temperatur in den unteren Räumen des Ofens ist etwa 270 Wdgw. Die Masse, deren Dichtigkeit bei mehreren Proben sehr nahe dieselbe (2,363) war, schwindet um 10, 12, 14, selbst 15 Procent, je nach den Bestandtheilen. —

Die Glasur besteht aus Quarzsand, Soda, Kochsalz und einem Gemenge von calcinirtem Zinn und Blei. Beide Metalle oxydiren sich leichter gemengt als einzeln, weil das entstehende Zinnoxyd (SnO_2) als eine Säure Verwandtschaft zu dem Bleioxyd (PbO) hat. Zu dem Ende bringt man das Blei mit ungefähr $\frac{1}{4}$ Zinn in einen besonderen Ofen, wo sie der Hitze und dem Luftwechsel ausgesetzt sind. Es entsteht allmählig eine gelbliche Zinn-Bleiasche, welche noch lange calcinirt werden muß, damit alle Metalltheile gehörig oxydirt werden. Dieselbe Metallasche wird mit gleichen Theilen eisenfreiem Sand, etwa

18 Procent Soda, 4 bis 5 Procent Kochsalz und ebenso viel Mennige verfest (Verhältnisse, welche natürlich vielen Verschiedenheiten an den verschiedenen Orten unterliegen) und frittet das Ganze in dem Raume C des Ofens. Ist die Asche reicher an Zinn, so entstehen härtere Emaille, ist sie ärmer daran, so entstehen weichere Emaille. Die üblichen Verhältnisse sind nahe 1 Aeq. : 1 Aeq. oder auch 2 Aeq. Zinn auf 3 Aeq. Blei. —

Die Fritte wird gemahlen, mit Wasser angemacht und durch Eintauchen auf die Geschirre gebracht.

Die Verfertigung von Geschirren aus emailirter Fayence ist in den letzten Jahren in demselben Maaße in Verfall gerathen, als die verschiedenen Sorten der feinen Fayence (des Steinguts) mehr und mehr Eingang fanden. Dies gilt übrigens keineswegs für eine andere Anwendung von bedeutender Wichtigkeit und großem Umfange, wenigstens für Deutschland und Frankreich, nämlich für die Verfertigung sogenannter Dfenkacheln aus Fayence. Es sind dies bekanntlich emailirte Thonplatten, woraus die besonders in Norddeutschland so beliebten Porzellanöfen zusammengefest werden. — Die Schwierigkeiten dieser Töpferei sind bedeutend und lassen sich am besten aus einer Darlegung der Mängel erkennen, denen die gemeine Fayence im Allgemeinen unterworfen ist. Bei keiner Gattung der Thonwaaren ist nämlich die Natur und Beschaffenheit der Glasur (Emails) so abweichend von der Natur der Masse im Innern und beide so wenig in einander verschmolzen und zusammen verbunden, als bei der Fayence. Um so mehr als dieser Email in der Regel hinreichend dick aufgetragen werden muß, um die Farbe der Masse zu bedecken. Es hat nun zwar der Zusatz von kohlensaurem Kalk (Mergel) eben die Bestimmung und den Erfolg, ein festeres Anheften derselben zu bewirken (dadurch, daß er zum Theil in die Glasur verschmilzt), benimmt aber der Masse die Festigkeit und die Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel in gleichem Grade. In Folge jener ungleichen Beschaffenheit der Glasur und Masse ist auch ihre Ausdehnung verschieden und die gemeine Fayence mehr als jede andere Thonwaare dem Uebelstande unterworfen, daß die Glasur Haarrisse zieht, d. h. ohne gerade abzufallen sich mit einem Neze von feinen nach allen Richtungen durchkreuzten Sprüngen überzieht. Bei Geschirren geben diese den flüssigen und fetten Bestandtheilen der Speisen Gelegenheit, in die poröse Masse einzudringen, wo sie dann Flecken erzeugen, verderben und übelriechend werden etc. — Giebt man umgekehrt der Glasur mehr Festigkeit, so erhält man Geschirre, die um so leichter in der Masse zerspringen. Es erklärt sich daraus, warum solche Geschirre beim Hausgebrauch den Einfluß heißer Speisen so schlecht ertragen; bei den Dfenkacheln, wo die Masse meist sehr gefärbt und deshalb die Glasur dicker und ungleicher ist, wo die Temperaturabwechslung schroffer und bedeutender ist, tritt der genannte Uebelstand auch um so deutlicher hervor, so daß sich der Email oft gänzlich abschuppt. — In der That ist die Aufgabe, Dfenkacheln zu machen von eben so haltbarer Glasur als Masse, noch nicht genügend gelöst, und man hat häufig die Unvollkommenheit der Kacheln dadurch auszugleichen, daß man die Theile des Ofens, die der Feuerung nahe liegen, inwendig mit Backsteinen füttert, um die plötzliche Einwirkung der

Ofen-
kacheln

Ofenkacheln. Hitze zu mäßigen. Auch sind die Ofenmacher durch die Rücksicht einer zu großen Vertheuerung ihrer Erzeugnisse sehr beschränkt. —

Die Masse für Ofenkacheln besteht gewöhnlich aus einem Gemische von mehreren Thonforten, welchen man eine bestimmte Menge (etwa die Hälfte) Sand oder gemahlene Fayence-Scherben als Cement zusetzt. Letztere kommen meistens zu theuer. Die Bestandtheile werden meist geschlämmt, die Masse in Thonmühlen oder Knetmaschinen (siehe die Abbildung Seite 550) durchgearbeitet und in Kellern abgelagert. — Massen der Art enthalten fast immer nur äußerst wenig Kalk, springen daher nicht leicht, sind aber den Haarrissen der Glasur unterworfen. Sehr passend pflegen Einige die Kacheln aus einer größeren Masse zu fertigen und diese mit einer dünnen Lage feinerer zu überziehen, auf welche die Glasur aufgetragen wird. — Nach allen Erfahrungen, besonders den von Pichenot und Barral gemachten Beobachtungen, ist die Masse, nicht die Glasur der Sitz der fehlerhaften Beschaffenheit, auf welche verbessernd hingearbeitet werden muß. —

Pichenot versuchte zuerst, eine kalkhaltige Masse aus plastischem Thone, Mergel, Sand und gemahlenden Biscuitscherben herzustellen — also der Geschirrmasse sehr analog — und der Neigung zum Springen durch möglichst sorgfältige Durcharbeitung zu begegnen, was ihm so ziemlich gelungen. Seine gebrannte Masse enthielt im Mittel 56 Kieselerde, 28 Thonerde, 14 Kalk und 1 Eisenoryd, während der Kalkgehalt der gewöhnlichen Massen nur 1 bis 2 Procent beträgt. Die ganze Schwindung, deren Betrag 9 Procent, sonst 5 bis 6 ausmacht, geht beim Trocknen vor sich, beim Brande dagegen findet keine mehr Statt.

Eine Masse wie Pichenot's liefert eine wellige etwas unansehnliche Glasur. Barral hat dieses vermieden durch seinen Vorschlag, dieselbe mit einer Schicht feiner Masse aus plastischem Thone, Mergel und Cement, die vorher fein gesiebt werden, zu überziehen. Dieser Ueberzug giebt einen besseren Grund zur Glasur, allein die Kacheln vertragen noch immer nicht das directe Feuer, besonders darum, weil der Kalkgehalt die Masse viel schmelzbarer macht und nicht erlaubt, sie so hart zu brennen, als sonst zweckmäßig wäre.

Wenn man anstatt Sand eine Glasfritte aus Sand und Pottasche (oder Soda) zusetzt, so sollen gänzlich haltbare Platten entstehen, die aber wohl zu theuer werden.

Die Glasur und das Auftragen derselben ist das nämliche wie bei den Geschirren. In Berlin dient weißes Glas als Zusatz zum Email. Natürlich sind diese Emaille jeder Farbenverzierungen fähig. Rein weiße sind am schwierigsten, marmorirte leichter zu machen.

Sehr treffliche Ofenkacheln werden in der Feilner'schen Fabrik in Berlin gefertigt.

Auf Kacheln und Thonplatten zum Tafeln hat man sehr artige Verzierungen, welche als andersfarbige Figuren in einem einfarbigen Grunde erscheinen, ohne fühlbar hervortreten. Man erzeugt die Figuren zuerst durch eine Art Stempel vertieft, füllt diese Vertiefungen nach dem Trocknen mit beliebig gefärbter Masse aus, läßt wieder trocknen und glasirt alsdann. —

Eine besondere Art ist die braune Fayence, worin unter anderen die bekannten Straßburger Gänseleberpasteten versendet werden. Der Unterschied liegt nicht so sehr in den Mischungsverhältnissen der Masse als der Glasur; diese ist nämlich kein eigentlicher Email, sondern ein durch Mangan- und Eisengehalt bis zur Undurchsichtigkeit gefärbtes Bleiglas. Man sieht deutlich aus der Vergleichung des Pariser braunen Porzellans mit der oben angeführten Vorschrift für das weiße, wie nahe sich beide stehen:

Die Masse des braunen Porzellans besteht aus:

Plastischem Thon von Arcueil	30
Grünlichem Thonmergel (über dem Gyps liegend)	32
Weißem Lackmergel (aus dem Gypsterrain . . .)	10
Gelbem mergelhaltigen Sande (unter dem Gyps)	28
	<hr/> 100

Die Glasur aus:

Mennige	52
Braunstein	7
Ziegelmehl (von rothen Ziegeln)	41
	<hr/> 100

4) Die ordinären Töpferwaaren.

Die Töpferei gehört unter die Künste, die sich am frühesten entwickeln, bei Völkern, die in ihrem Uebergange aus dem ungesitteten Zustande in die Cultur begriffen sind. Es ist denn auch die Entwicklung der Töpferei eines der wesentlichsten Momente in der Culturgeschichte der Völker, der Jetztzeit wie der Vergangenheit. In der That sind die Ueberreste dieser Kunst aus dem Alterthume den Antiquaren von jeher eine reiche Quelle von Aufschlüssen jeder Art gewesen und mit Vorliebe studirt worden. Wenn man die modernen Erzeugnisse der Töpferei mit den antiken vergleicht, so ist es schlagend, wie ungleich sich diese Kunst bei den Alten in ihren beiden Richtungen — der technischen und künstlerischen — entwickelt hatte. Während der Geist des Griechenthums die Schönheit der Form auf eine nie überflügelte Höhe gebracht hatte, erscheint die technische Ausführung, was die Qualität der Geschirrmasse, Natur der Verzierungen, Farben u. betrifft, bei den Alten in völliger Kindheit, auf einer Stufe, welche diejenige nicht überragt, die sie im civilisirten Europa auf dem platten Lande einnimmt, wo es sich darum handelt, dem Haushalt, abgesehen von allem Luxus, ein überall herzustellendes, wohlfeiles Geschirr zu verschaffen, was eben zur Noth dem Bedürfnisse entspricht, ohne daß man also von umfassenderen Hülfsmitteln zur Bervollkommnung Gebrauch machen kann. Technisch genommen gehören also die antiken Erzeugnisse zur niederen Töpferei, d. h. in dieselbe Classe mit dem ordinären Töpferzeug, und verdienen ihrer hohen Bedeutung wegen wohl, mit einigen Worten von dieser Seite beleuchtet zu werden. Wer je ein Museum besucht hat, dem wird es sogleich in die Augen gefallen sein, daß die antiken Thongeschirre entschieden nach ihrer Qualität zwei Sorten angehören, nämlich: einer aus gröberer, nicht besonders homogener Masse, von grobem Korn und ganz lockerem Gefüge, meist zu Gefäßen von sehr großen Dimensionen verarbeitet; und einer, aus einer im höchsten Grade homogenen, sehr feinen und ungleich dichteren Masse, wozu die etruskischen und campanischen (aus Großgriechenland stammenden) Vasen,

sowie die so häufigen terra sigillata-Geschirre gehören, welche letztere so häufig in allen römischen Niederlassungen Deutschlands, Englands und Frankreichs vorkommen.

Zur ersten Gattung sind, neben Thranen- oder Aschenkrügen aus antiken Gräbern ganz besonders die sogenannten amphorae zu rechnen, riesenhafte Bauchgefäße bis zu 8' Höhe und 3' Weite mit einer entsprechenden Wandstärke. Die Masse ist meist hellfarbig, oft auch schwarz, weich, mit dem Messer rigbar und enthält einen Cementzusatz, um das Schwinden zu vermindern. Das Cement ist oft Quarzsand; auch Kalkspathsand hat man beobachtet. In diesem Falle, also nur ausnahmsweise, braust die Masse mit Säuren auf. Mehrmals sind Bruchstücke ähnlicher Geschirre (die auch schon den Kelten bekannt waren) in Knochenhöhlen unter Umständen gefunden worden, die auf ein weit über die Geschichte der Römer und Griechen hinausgehendes Alter schließen lassen. Auch die Tonne des Diogenes war nur eins jener großen Thongefäße.

Die feineren Thonwaaren des Alterthums sind stets farbig in der Masse: einige schwarz, andere von einer schmutzig rothen oder braunrothen, wieder andere von einer schön hochrothen (terra sigillata), dem rothen Siegellack ähnlichen Farbe. Die Masse ist häufig sehr fein, d. h. aus einem sehr reinen, homogenen, höchst wahrscheinlich geschlämmten Thone gefertigt. Die so weit verbreiteten römischen Gefäße aus terra sigillata sind an Farbe und Masse an allen Fundörtern gleich und unverkennbar von demselben Charakter, in einer Weise, die bei der Mannichfaltigkeit der Thonsorten und Umstände sehr auffallend und schwer zu erklären ist. — Zuweilen sind die antiken Gefäße ohne alle äußere Bedeckung, und dann auf der Oberfläche vor dem völligen Trocknen geglättet; oder sie sind mit einem Anguß versehen (was seltner ist), so daß die Oberfläche aus einem hellfarbigen, das Innere aus einem dunkelfarbigem Thone besteht; oder sie sind mit einem eigenthümlichen, glasurartigen Ueberzuge versehen; oder endlich auf der Oberfläche mit einfarbig in Schwarz ausgeführten Darstellungen verziert, die sich zur Porzellanmalerei ungefähr wie Tuschzeichnungen zu Farbenbildern verhält. Sie sind entweder braun auf gelbem, oder schwarz auf braunrothem Grunde, oder umgekehrt.

Die vielfachen Analysen, die man mit Bruchstücken von etruskischen Vasen u. ange stellt hat, ergaben: 60 bis 69 Procent Kiesel Erde, 12 bis 16 Thonerde, 7 bis 8 Eisen- und Manganoxyd, 2 bis 4 Kalk und 2 bis 3 Magnesia, also eine Masse, die von gewöhnlichem Töpferthone gemacht zu sein scheint. Die Proben, die in der Masse schwarz sind, verdanken diese Farbe einem Gehalt von $1\frac{1}{2}$ bis 3 Procent Kohle, von einem Schmauchfeuer herrührend. Nicht alle sind übrigens gebrannt, und wenn sie es waren, doch nur einem schwachen Feuer ausgesetzt gewesen; dagegen ist die Formung, die unverkennbar auf der Töpferscheibe vorgenommen wurde, sehr vollkommen und erhabene, aufgesetzte Figuren in Thonformen ausgedrückt, sehr gewöhnlich. Die Geschirre aus terra sigillata sind in ihrem chemischen Bestande von den übrigen nicht auffallend verschieden und unter einander mehr abweichend. Indessen ist der Gehalt an Eisenoxyd höher, bis $12\frac{1}{2}$ Procent, und erklärt die Farbe. Der glasurartige

Anflug dieser rothen Geschirre ist wenig gefärbt, auffallend dünn, durchsichtig und eine Verbindung von 64 Kiesel Erde mit 11 Eisenoryd und 20 Natron. Ganz ähnlich ist der schwarze Glasuranflug beschaffen. Ob beide mittelst Salz, oder wie sonst angebracht wurde, ist völlig ungewiß. — Der weiße Anflug, der hie und da auf röthlichen Geschirren vorkommt, ist ein reiner Thon, ohne Kalk und Bittererde, mit Spuren von Eisen. Auch erhabene Zeichnungen wurden durch Angießen hervorgebracht, ähnlich wie die Marmorirungen (S. 558), aber natürlich nur mit einer Farbe.

Der Glasurüberzug der Geschirre, wie sie sich im ehemaligen Großgriechenland finden, ist eine glasartige Verbindung mit starkem Eisengehalt, welche den Säuren und der Aetzlauge widersteht, aber leicht von schmelzendem Aetzkali aufgenommen wird, kleine Splitter davon werden vom Magnet angezogen. Die schwarze Farbe dieser dünnen Glasurschicht, wie sie oft vorkommt, sowie die Zeichnungen, die auf hellem Grunde durch Aussparen erzeugt sind, rührt nach Salvétat von Eisen und Mangan her und läßt sich nachahmen. —

Das ordinäre Töpferzeug, wie es gegenwärtig überall gefertigt wird, hat bei ungefähr gleichem technischen Charakter eine grundverschiedene Bedeutung von dem antiken. Die niedere Töpferei dieser Gattung hat die Aufgabe, den unbemittelten Classen ein wohlfeiles, Flüssigkeit haltendes (also nicht durchdringliches) Geschirr zu liefern, welches Temperaturwechsel (also das Kochen) verträgt und möglichst an allen Orten gemacht werden kann. Der letzte Punkt hat zur Folge, daß sehr verschiedene Thone und zwar vorzugsweise diejenigen gebraucht werden, die nicht mit einer kostspieligen Förderung verknüpft sind; daher die überwiegende Benützung von Töpferthon, Mergel &c. Ferner verbietet die Wohlfeilheit alle kostspieligere Hülfsmittel der Formerei und besser eingerichtete Brennöfen. Indessen ist hier, wie so oft, eine mißverständene Oekonomie die Mutter der Verschwendung: unter den bestehenden Verhältnissen ist die Töpferei in den Händen vieler, aber meist unbemittelter Gewerbsleute, die also alle Vortheile des fabrikmäßigen Betriebes entbehren und keine Gelegenheit hatten, bessere Einrichtungen und andere Vortheile kennen zu lernen, oder keine Geldmittel, sie einzuführen. Die Brennstoffverschwendung durch schlechte Defen ist ein Hauptübelstand, der sich daraus erklärt. Bei weitem die meisten Thone, welche verarbeitet werden, stehen in heftigem Feuer nicht, selbst wenn dieses wohlfeil genug erhalten werden könnte. Im Allgemeinen ist daher das niedere Töpferzeug (worin es sich wesentlich vom Steinzeug unterscheidet) schwach gebrannt und folglich von lockerem Gefüge, porös und undicht, welche Eigenschaft also durch eine Glasur aufgehoben werden muß. Diese Glasur muß sich nothwendig aufbrennen lassen bei einem Hitzgrad, bei welchem die Masse selbst noch nicht schmilzt; sie ist deswegen meistens ein Bleiglas, oder doch ein sehr leichtflüssiges Erdenglas. Da man keine Ursache hat, die Mißfarbe der Masse (die bald schmutzig roth, bald gelbroth, bald braun oder graulich, fast nie weiß ist) zu verdecken, so ist die Glasur immer durchsichtig, dabei bald farblos, bald gefärbt. — Die bekannten plumpen Malereien und barocken Reime, womit man gewöhnliches Geschirr immer verziert, ist mittelst Glasuren von verschiedener Farbe (von denen die eine den

Bestimmung
und Natur.

Grund, die andere die Zeichnung oder Schrift bildet) hervorgebracht. Ueberhaupt hat der tiefe Stand des Kunstsinnes und theilweise der gänzliche Mangel daran die Entwicklung der Töpferei nach der Seite des Schönen hin noch weit unter dem Höhepunkte gelassen, den sie in ihrer Weise erreichen könnte. Doch sind rühmenswerthe Ausnahmen zu nennen, so z. B. wissen die Marburger Töpfer ihre braunglasirten Waaren mit sehr artigen Blumenverzierungen zu versehen, die durch ihre hellgelbe Glasur sehr gut hervortreten. —

Masse.

Die Aufbereitung des Thones beschränkt sich auf zwei Einrichtungen: nemlich das Einsumpfen und das Schlichten. Einsumpfen heißt, Thon in Gruben mit dem nöthigen Wasser anmachen und etwas lagern zu lassen, wobei man ihn mehrmals umsticht, um eine gleichmäßigere Einwirkung zu erhalten. Hierauf wird er in Ballen geschlagen, die man, um Knoten, Steine u. zu entfernen, ein- oder zweimal mit der Klinge bearbeitet, wie S. 542 genauer beschrieben worden. Ein Thon von guter Beschaffenheit muß sich leicht auf der Scheibe bearbeiten lassen, aber nicht so stark schwinden, daß er im Feuer reißt, und die Glasur »tragen«, d. h. chemisch sich nicht so gegen die Glasur verhalten, daß er leicht damit zusammenfließt und die Glasur beim Brennen aufsaugt. Alles dieses läßt sich nicht vorausbestimmen, und ist Erfahrungssache; gewöhnlich erreichen die Töpfer ihren Zweck dadurch, daß sie Thone von verschiedenen Eigenschaften mit einander versehen. Zusätze von Sand, um die Schwindung zu vermindern, kommen ebenfalls vor, wenn die Thone zu fett sind.

Glasur.

Die gemeine Töpferglasur ist ein Thonerde-Bleiglas, entweder aus Glätte, oder Bleiglanz (Glasurerz) *) gemacht. Die bleihaltigen Materiale werden auf der Glasurmühle feingemahlen und in einem schicklichen Verhältniß mit Lehm, oder für ungefärbte Glasuren auch wohl mit Sand versetzt. Die Glasurmühlen sind Handmühlen, nach Art der Getreidemühlen mit zwei fest auf einander liegenden Steinen, am besten aus Quarzfels. Meist kaufen die Töpfer diese Glasur schon zubereitet. Die bekannten Metallerde dienen zum Färben, soweit sie wohlfeil genug sind, also: Zaffer zu blau, Kupferasche (oryd) zu grün, rohes (Schwefel-) Spießglanz zu gelb, Braunstein zu braun und schwarz, Eisen zu roth u.

Das Auftragen der Glasur geschieht 1) durch Eintauchen, dann müssen aber die Geschirre vorher verglüht werden, weshalb dieser Weg als kostspielig meist unterbleibt; 2) durch Angießen mit dick angemachter Glasur, das billigste und passendste; 3) durch Ueberstäuben der noch feuchten Geschirre mit Glasur. Die beiden letzten Wege sind sehr gewöhnlich, aber das Ueberstäuben für die Lungen der Arbeiter eine sehr gefährliche Operation. — Die Töpfer pflegen keine besondere Rücksicht darauf zu nehmen, ob das Bleioryd genau in einem passenden Verhältnisse zur Kiesel-erde steht und völlig gebunden wird oder nicht. Man nimmt ein erprobtes Verhältniß, z. B. für 7 Glätte: 3 oder 4 Lehm, was sehr schwankend ist, und verläßt sich darauf, daß das

*) Bildet im Ofen durch Röstung Bleioryd und Bleisalze (Schwefligsaures Blei u.), die dann von der Kiesel-erde zersezt und gebunden werden.

Bleioryd ja hinreichend Zeit hat, im Ofen sich mit Kieselcerde zu sättigen. Glasur.
 3. B. in Darmstadt stellte man 4 vergleichende Versuche an, die deutlich zeigen, daß bei einem hinreichend starken Brennen alles Bleioryd gebunden wird. Unter 12 von dem Töpfer besonders bezeichneten Geschirren gaben die:

- »zu hart gebrannten« keine Reaction auf Blei,
- »hart gebrannten« keine Reaction auf Blei,
- »gut gebrannten« einige Blei zu erkennen, andere nicht,
- »schlecht gebrannte« alle Bleigehalt zu erkennen,

und zwar in destillirtem Essig, der eine Zeitlang darin gekocht war. Saure Flüssigkeiten nehmen also das schwach oder nicht gebundene Bleioryd auf, was also nur bei mangelhaft gebrannten Geschirren, und selbst da nur im Anfang, möglich ist. Die Menge des aufgenommenen Bleies ist übrigens unerheblich, dessenungeachtet hat man vor einiger Zeit darauf hin viel Lärm über die Schädlichkeit der Bleiglasur gemacht, der um so weniger begründet ist, weil bei dem so ausgedehnten Verbräuche schon längst sich endemische Krankheiten hätten zeigen müssen, was nicht der Fall ist. Man hat bleifreie Glasuren vorgeschlagen und dabei zum Theil vergessen, daß solche schon an vielen Orten seit Jahren im Gebrauch sind. — So bedienen sich die Gebrüder Hardtmuth in Wien seit lange einer Glasur aus 100 Pfund Borax, 50 Pfund Feldspath und 50 Pfund Leimerde, welche vollkommen zweckentsprechend, aber zu theuer ist. Gewöhnliches Natron- oder Kaliglas, mit oder ohne Erde, sind von Feilner, Riesman u. vorgeschlagen worden, doch meist zu theuer oder strengflüssig. Ebenso hat Seibel das Fuchsische Wasserglas empfohlen mit Kalkzusatz; es ist jedoch als untauglich erwiesen. In Bischoffswerda, Pulsnitz, Camenz in Sachsen ist die bleifreie Glasur ein leicht schmelzbarer, dort sehr verbreiteter Töpferthon. In Kirchenlamitz (Bayern) dagegen, wo man ein treffliches, Temperaturwechsel fast so gut als Schmelztiegel ertragendes Geschirr verfertigt, womit das nördliche Bayern, die kleinen sächsischen Staaten, Ruß u. versehen werden, ist die Glasur eine Hohofenschlacke. Sie ist theils flaschengrün, durchsichtig, voll Luftblasen, härter als Glas und an Stahl Funken gebend; theils hell- bis dunkelblau in's Graue gehend. Beide werden von Säuren nicht aufgeschlossen. H. Reinsch, dem man diese Mittheilung verdankt, fand bei der chemischen Zerlegung:

				Sauerstoff	
Kieselcerde	65,00	.		33,70	der Kieselcerde
Kalk	12,35	.	3,53	7,36	der Basen MO
Bittererde	2,56	.	0,99		
Kali	2,00	.	0,34		
Eisenorydul	5,00	.	1,50		
Thonerde	8,00	.	3,73	5,06	der Basen M ₂ O ₃
Manganoryd	4,45	.	1,33		
<hr/>				99,36	

was der Formel $4(\text{MO}, \text{SiO}_3) + (\text{M}_2\text{O}_3, 3\text{SiO}_3)$ sehr nahe kommt und folglich selbst vom Flaschenglas, dem es am meisten verwandt ist, abweicht. Die

Schlacke wird in Granitmörsern zerkleinert, dann auf der Glasurmühle mit Wasser gemahlen und durch Angießen (Schwenken) aufgetragen, nachdem die Geschirre vorher äußerlich und zwar durch Eintauchen mit einer dünnen Leimschicht überzogen sind, um ihnen eine rothbraune Farbe zu ertheilen. Sie erscheint nach dem Einbrennen schön dunkelgelb und blasenfrei; für die Geschirre in den weniger heißen Theilen des Ofens wird sie mit mehr oder weniger Bleiglasur versehen. — Der allgemeinen Einführung dieser Schlacke möchte übrigens ihr hoher Schmelzpunkt entgegen sein, der freilich bei Geschirren von so feuerbeständiger Masse, wie Meinsch die Lamiger beschreibt, keine Rücksicht ist.

Oefen.

Die gewöhnlichen Töpferöfen sind einschürige liegende Flammöfen von einer sehr länglichen Figur; oder wenn man will, horizontale, oder schwach geneigte, dem Quersprofil nach sehr geräumige Kanäle (7 bis 8' hoch und 20 bis 30' lang), welche der Länge nach von der Flamme durchstrichen werden, indem die Feuerung an dem einen, der Schornstein am entgegengesetzten Ende liegt, wo sich auch die Einfagöffnung befindet. Feuerung und Arbeitsräume sind mittelst einer durchbrochenen Wand (ganz wie die Mauer n, Fig. 216), »des Ständers« geschieden und das Ganze von oben mit einem sogenannten Tonnengewölbe geschlossen. Dimensionen und Quersprofil sind an verschiedenen Orten sehr verschieden. So, um ein Beispiel zu geben, ist die Sohle der Brennöfen in Kirchenlamig nicht rechteckig, sondern eiförmig angelegt, 16' lang, $5\frac{3}{4}'$ breit, die Höhe beträgt in der Mitte $4\frac{1}{2}'$, am Schlotende 4'. Das Quersprofil ist bauchig, so daß sich die Weite von $5\frac{3}{4}'$ an der Sohle bis auf $6\frac{3}{4}'$ erweitert. Der Höhenabstand der Kaminmündung von der Sohle beträgt 20'. Ein solcher Ofen faßt gegen 1000 Töpfe von 4, 6 und 8 Maaß Gehalt, wenn die kleineren in die größeren, wie gebräuchlich, eingeschachtelt werden. Die Temperatur nimmt sehr bedeutend vom Schürloch an gegen den Kamin hin ab, was eine wesentliche Rücksicht beim Einsetzen ist. Vorn am heißesten Theile stehen die Geschirre auf 1' hohen Unterlagen, Brennscherben; weiter hin aber unmittelbar auf der mit Sand bestreuten Unterlage. Auch pflegt man die Glasur für die hinteren Geschirre leichtflüssiger zu machen, z. B. mit Bleiglasur zu versehen, während die vordersten eine reine Schlacken-, die mittleren eine gemischte Glasur erhalten. Alle Geschirre werden frei und nackt, jedoch stets mit der Vorsicht eingesetzt, die Berührung derselben unter einander auf möglichst wenige Punkte einzuschränken, damit sie nicht zu fest durch die Glasur an einander backen. Ein Brand dauert in den beschriebenen Öfen in Lamig 12 Stunden und verzehrt 2 Stecken (ungefähr 1 Klafter) $3\frac{1}{2}'$ lang gespaltenes Fichtenholz, wovon man aber gegen die Hälfte als verschwendet annehmen kann. Weitere Beschreibungen und Abbildungen von Töpferöfen sind um so überflüssiger, weil das gemeine Geschirr sehr oft mit Steinzeug und Backsteinen zugleich gebrannt wird. Man vergleiche also das in diesem Betreff Gesagte und besonders den weiter unten zu beschreibenden Backsteinofen von Henschel.

Zum Formen dienen die Töpferscheiben, wie Fig. 193, aber in der Regel viel roher ausgeführt. Außer dem Richtmaß werden Werkzeuge zum Formen

selten gebraucht. In mehreren Fällen, wie bei Blumentöpfen, Zuckerhutformen u. verbietet der Zweck das Glasiren, während diese Verrichtung wieder in anderen Fällen wegen Schwierigkeiten unterbleibt. Dahin gehören besonders die durch ihre Dimensionen merkwürdigen Gefäße, die im Alterthume statt hölzerner Fässer für Del, Wein u. dienten (bereits oben als amphorae berührt) und noch jetzt im ganzen Süden von Europa, im Orient und in der neuen Welt zu gleichem Zwecke gefertigt werden. Sie heißen bei den Franzosen jarres, in Spanien tinajas, in Italien orcia: bei den Armeniern koupphines. Auch unter den Hottentotten in Afrika, auf Java, sowie in Brasilien sind sie bekannt. Sie wiegen bis zu 4 Centnern und fassen 600 bis 1900 Pfd. Flüssigkeit, also bis zu 6 Dhm. Die Masse ist grobkörnig, aus Töpferthon und Sand gemengt. Das Formen geschieht aus freier Hand mit oder ohne Lehre, in der Weise, daß man das Gemenge aus Thonwülsten gewissermaßen aufbaut, die ringförmig über einander liegen, oder sich zusammenhängend spiralförmig aufwinden. Beide Oberflächen, die innere und die äußere werden dann geglichen, Henkel und Verzierungen angefügt u. Man brennt in Defen, welche bis zu 40 Stück fassen.

Eine eigenthümliche und sehr schöne Anwendung der Porosität unglasirter Thonwaaren sind die Kühlkrüge, welche in den heißen Ländern dazu dienen, Wasser, welches darin aufbewahrt ist, mehrere Grade unter die Temperatur der Umgebung abzukühlen. Das Wasser, welches durch die Poren an die äußere Oberfläche gelangt, verdunstet daseibst um so rascher, als es in eine dünne Schicht ausgebreitet ist. Es wird also die ohnehin beträchtliche Wärmemenge, welche Wasser beim Verdunsten bindet und entführt, noch sehr rasch der Umgebung, d. h. dem mit Wasser gefüllten Gefäße entzogen. Dadurch muß die Temperatur im Innern sinken und zwar dauernd, so lange noch Wasser da ist und durchsickert. Die Abkühlung ist nicht so beträchtlich, als man gewöhnlich angiebt, und ergab sich in Sèvres, wo man versuchsweise Wasser in einem gewöhnlichen mit Wasser in einem aufgehängten Kühlgefäße verglich, zu 30° als geringster und zu 50° als höchster Betrag, der größer ausfällt natürlich, wenn man die Temperatur des gekühlten Wassers mit der der Luft vergleicht. Im Orient mag der Unterschied das Doppelte betragen.

In Südamerika heißen sie canaris, in Aegypten quolleh oder bardach, in Spanien bucaros oder alcarazzas. Die Porosität erhöht man theils durch schwaches Brennen, theils durch Einmengen von Substanzen, die beim Brande zerstört werden und feine Oeffnungen hinterlassen. Auch Kochsalz soll unter die Masse gemengt und nachher durch Auslaugen weggenommen werden.

Die Fälle, wo einzelne in diese Classe einschlagende Artikel ihrer Bestimmung gegenüber entweder eine besondere Vorsicht und Ausarbeitung erheischen, oder in einer bestimmten Vertlichkeit in großer Menge gebraucht werden, — die Fälle also, wo solche Gegenstände besser für einen fabrikmäßigen Betrieb sich eignen, sind nicht selten. Da aber derartige Dinge bei weitem anschaulicher in einem bestimmten Falle, als in einer allgemeinen Auseinandersetzung vor Augen treten, so mag die Anfertigung von

Thonröhren

zu Wasserleitungen u., wie sie in der Anstalt von Reichenacker zu Ulweiler im Elsaß fabrikmäßig betrieben wird, in einer gedrängten Skizze hier Raum finden.

Das Material ist ein sehr reiner plastischer Thon, welcher stets mit einem geringeren, Eisenoryd, Sand und Glimmer u. haltenden gemengt wird, — und zwar in einem Verhältnisse, auf dessen richtiges Einhalten sehr viel ankommt. Dem Gemenge werden stets gemahlene Scherben als Cement zugesetzt. Diese letzteren werden unter einem Stampfwerke zerkleinert und der rohe Thon, wenn er zu trocken ist, wird ebenso behandelt und kleingestampft in einem Wasserbottich mittelst eines Röhrenapparates dünn mit Wasser zu einer Art Schlempe angemacht, welche man in ein walzenförmiges Sieb laufen läßt, welches sich umdreht. Das Grobe bleibt zurück und fällt in ein besonderes Gefäß, während das Reine durch die Drahtmaschen hindurch in die Sackgrube läuft, um sich dort abzusetzen, worauf man das klare Wasser oben abzieht und den Thonbrei in die Mischungsgruben bringt. Je zwei solcher mit Platten ausgelegter Gruben gehören zusammen und stehen mit der zwischen beiden aufgestellten Knetmaschine im Zusammenhange. Wenn die verschiedenen Zusätze in der vorderen Grube vorläufig aufgeweicht und gemengt sind, so geht die zusammengesetzte Thonmasse durch die Knetmaschine in die zweite, die Vorrathsgrobe. Die Knetmaschine besteht aus zwei Cylindern, die sich mit ungleicher Geschwindigkeit umdrehen (also gleichsam zerreißend wirken) und deren Abstand mit Stellschrauben regulirt werden kann. Ein hölzerner Kumpf oder Trichter dient dazu, die Thonmasse gehörig in den Zwischenraum zwischen die Walzen zu leiten. Auf diese Weise durchgeknetet, ist der Thon für das Formen tauglich, zu welchem Zwecke eine kräftige hydraulische Presse in Thätigkeit ist. Diese hat nicht nur zum Zwecke, aus dem weichen Thon Röhren zu bilden, sondern auch wesentlich die Aufgabe, den Thon durch Pressung zu dichten und dadurch dem Erzeugniß eben die Dauerhaftigkeit zu geben, deren es bedarf, um Druck und Flüssigkeit zu widerstehen. Zur innigen Annäherung der einzelnen Massentheile gehört nicht nur ein sehr bedeutender Druck, sondern ganz bestimmter und schwer zu treffender Trockenheitsgrad des Thons. Denn, wenn die Zwischenräume der Thonmasse ganz mit Wasser erfüllt sind, so setzt diese so wenig elastische Flüssigkeit, durch Harrröhrchenanziehung an ihrer Stelle festgehalten, dem Druck einen unbefiegbaren Widerstand entgegen; wenn sie zu trocken ist, ist das Formen zu schwierig. Um zwischen beiden Extremen die richtige Mitte zu halten und den Thon in gleichförmigen Feuchtigkeitszustand zu bringen, pflegt man die halbtrockenen Ballen von etwa 8 Zoll Durchmesser auf einem ebenen Steine zu schlagen und in die Gestalt eines platten Kuchens zu bringen, damit nicht so leicht im Innern ein feuchter Kern bleibt, während das Äußere trocknet. Um dies ganz zu vermeiden, schneidet man die Kuchen in zwei neue Kuchen und fügt diese Hälften so zusammen, daß nunmehr die inneren Seiten nach außen hin kommen und umgekehrt.

Das Formen mit der hydraulischen Presse ist an dem genannten Orte Fabrikgeheimniß; es wird jedoch weiter unten (bei den feuerfesten Thonwaaren) ein ganz ähnliches Verfahren beschrieben werden. Die geformten Röhren werden auf der Gallerie des Brennofens getrocknet, wobei sie senkrecht auf einer durchbrochenen Unterlage stehen. Bei jeder andern oder geneigten Lage, oder wenn der Luftzug im Innern gehemmt ist, geschieht das Trocknen unter Verbiegung, ungleichförmig, unter Bildung von Rissen, und es ist dann eine reine Unmöglichkeit, wirklich dichte und schöne Röhren zu erhalten. Wenn die Röhren auch noch so trocken in den Ofen eingesetzt werden und hinreichend Cement enthalten, so reißen sie doch häufig beim Brennen, aber stets in der Längsrichtung. Sie würden in der Quere reißen, wenn ihrer Schwindung nach der Länge ein Hinderniß entgegenstände; dies ist nur bei der Schwindung nach dem Durchmesser Fall. Hierbei verkürzt sich nämlich der Kreisumfang der Röhre, indem die Theilchen nach der Seite hin zusammenrücken, wo die Schwindung stattfindet, und an der entgegengesetzten reißen müssen. Die Ofen sind stehende, der obere Theil für den ersten Brand (Biscuit), der untere für die glasirten Röhren bestimmt. — Durch die Behandlung mit der hydraulischen Presse werden diese Röhren hinreichend stark, um einem Druck von 35 bis 40 Atmosphären (über 1000 Pfund auf den Q.-Z.) zu widerstehen, was bei Röhren, auf gewöhnliche Weise fabricirt, gänzlich unmöglich ist. Die Dimensionen gehen von: 12 Linien lichtem Durchmesser, 5 Linien Wandstärke, bis zu 100 Linien lichtem Durchmesser und 10 Linien Wandstärke, bei gleicher Länge von 1 Meter = 4' h. Der laufende Meter einer Leitung, die Verbindungen eingerechnet, aus dem ersteren wiegt 3 Pfund, aus dem letzteren 100 Pfd.

5) Steine aus Thon.

Von Ziegeln und Backsteinen kann man buchstäblich sagen, daß ihre Anwendung so alt ist wie die Geschichte; die Nothwendigkeit zu bauen, da, wo keine Bruchsteine zu haben waren, verbunden mit der Beobachtung, daß Thon, durch Trocknen oder Brennen erhärtet, führten frühzeitig darauf.

Schon zur Zeit, als die ersten civilisirten Staaten zwischen dem Tigris und Euphrat blühten, sind künstliche Thonsteine als Baumaterial gebräuchlich gewesen. In den Ruinen von Babylon und den wieder neuerdings von den Franzosen aufgegrabenen Ruinen von Ninive finden sich ungeheure Massen davon, von einer meist groben Arbeit, in ungebranntem Zustande. Sie sind fast alle mit Inschriften in Keilschrift bedeckt, welche merkwürdiger Weise nicht von außen lesbar, sondern förmlich eingemauert waren. Erstaunenswerth ist die außerordentliche Dauer dieser lockeren Steine, die wohl in einem an Regen reicheren Klima nicht dieselbe gewesen wäre.

Lenormant fand ungebrannte Steine in den Ruinen von Saïs, also 3000 Jahr alt. Die Gewohnheit, Stroh oder ähnliche Pflanzentheile unter den Thon zu mengen, wegen größerer Haltbarkeit, bildet schon das Thema des Streites zwischen den Juden und dem König von Aegypten, im Exodus Cap. V.

Der Pallast des Crösus, des Mausolus, des Attalus und andere uralte Gebäude waren von schönen, rothen, hart gebrannten Steinen. Von Augustus wird gesagt, daß er ein Rom von Backsteinen empfangen und ein marmornes hinterlassen habe.

Sand und
Material.

Die aus Thon geformten Steine haben im Allgemeinen die Bestimmung, die natürlichen Bruchsteine zu ersetzen, da, wo diese nicht vorhanden oder das Brechen oder Bearbeiten derselben zu kostspielig ist. Zu dem Ende giebt man dem Thon sogleich die dem Zwecke entsprechende Form von Platten, die entweder rechteckig, vieleckig, keilsförmig (Mauerziegel, Pflasterplatten, Gewölbesteine) oder abgerundet und gekrümmt sind (Dachziegel). Die Dicke dieser Platten ist des Schwindens und schwierigen Austrocknens wegen stets auf wenige Zoll beschränkt und bei Dachziegeln nur eben hinreichend, um Verbiegung und Zerbrechlichkeit zu verhindern, also wenige Linien.

Um den aus Thon gebildeten Steinen die gehörige Festigkeit zu geben, sind sie entweder nur getrocknet, Lehm-pa-ken, oder mehr oder weniger gebrannt, eigentliche Backsteine und Ziegel. In Anbetracht der Bestimmung solcher Steine als Baumaterial, also wegen der Concurrenz mit den natürlichen Steinen, ist die Wohlfeilheit eine wesentliche und leitende Rücksicht. Deshalb fallen Verzierungen durch Farben oder Form fast ganz weg; die Vorbereitung des Thones und seine Reinigung ist höchst eingeschränkt; ebenso handelt es sich bei der Wahl des Materials darum, kostspielige Gewinnung und weiten Transport des Thons zu vermeiden. Man ist also darauf angewiesen, diejenigen Thone zu benutzen, wie sie an jedem Orte und ohne tiefes Graben zu haben sind. Darum machen denn die Thonmassen der jüngeren Anschwemmungen, also der Lehm, die Mergel, das wahre Material der Ziegeleien aus. Wo man bessere Thone, wie Töpferthon oder gar plastischen Thon, haben kann, ist dies natürlicher Weise ein Vorzug. Insofern die Thonsteine viel dicker und massiver sind, als die Töpferwaaren, so muß auch die Zusammenziehung oder das Schwinden beim Trocknen und Brennen von ungleich größerem Einfluß sein, d. h. unter gleichen Umständen werden die Steine Risse bekommen, während Geschirre ganz bleiben. In den Ziegeleien richtet man also sein Augenmerk stets darauf, diesem Uebelstand durch einen Zusatz zu begegnen, welcher dem Schwinden nicht unterworfen ist. Sand, kalkige Mergel, auch Steinkohlen und Coakabgänge, Torfabfälle u., Sägespäne sind zu diesem Zwecke wohlfeil genug und geeignet. — Zuweilen enthält die Ziegelerde schon hinreichend Sand oder Kalk, während in anderen Fällen durch Mischen einer zu fetten (zu stark schwindenden) Ziegelerde mit einer zu mageren (sand- oder kalkhaltigen) die rechte Mitte erzielt werden kann. Einige Beispiele werden die Sache anschaulicher machen.

Die feinen Schlammtheile, welche von den Flüssen fortgeführt werden, setzen sich, nachdem die größeren Flußgeschiebe längst niedergefallen sind, erst spät ab, wenn der Strom seine Geschwindigkeit und folglich Stosskraft fast eingebüßt hat. Dies geschieht in der Nähe der Mündungen und bildet die sogenannten Deltas, welche meist umfassende Thonablagerungen sind, und liefert den bewohnten Orten solcher Gegenden ein willkommenes Baumaterial.

Aus einer solchen Quelle beziehen die Ziegeleien in Holland, um London, an den Gangesmündungen, am Nil u. a. m. ihren Thon. In Holland pflegt man sogar den Schlamm der Yssel mit Sacknetzen vom Grunde des Wassers auszufchöpfen, um daraus mit gegrabenem Thone die Masse für Backsteine zu mischen.

Bei Paris verwendet man den plastischen Thon von Arceuil, Vauvres u., welche mit Kohlenabfällen versetzt werden. Weniger gute, aber wohlfeilere Steine werden aus $\frac{2}{3}$ eines eisenkühfligen, sandhaltigen Thones (der aber nicht mit Säuren aufbraust, und folglich von Kalk- und Bittererde frei ist), von röthlicher Farbe, mit $\frac{1}{3}$ eines kalkhaltigen, grauen Sandmergels gemacht. Die Masse der dort sehr üblichen Platten zum Belegen der Fußböden ist ein Thonmergel, der in den Hügeln von Ecouen vorkommt.

In London und der Umgegend, woselbst, wie in dem größten Theile von England, die Backsteine fast das ausschließliche Baumaterial sind, wird die Masse zu den gebrannten Steinen den Alluvialablagerungen entnommen, welche eben in dem Becken von London über dem sogenannten London clay liegen. Wenn man diese Ablagerungen senkrecht durchschneidet, so kommt man durch drei ihrer Beschaffenheit nach verschiedene Schichten. Die unterste ist ein Thon voll von Geschieben aller Art, mit Kreidestücken u., welcher in der Regel nicht gebraucht wird, — und allmählig in die mittlere, eine ähnliche Mischung von Thon (malm genannt), aber mit feineren Kreidetrümmern und Sand statt der groben Geschiebe übergeht. In der oberen Schicht endlich herrscht der Thon vor, die beigemengten Gesteintrümmern, der Sand tritt zurück und der Kalk hat so abgenommen, daß der Thon kaum noch aufbraust. Der Thon der oberen Schicht ist zu fett und wird meist mit Zusatz von Steinkohlencinders (einem Gemenge von Asche und kleinen Roakstücken, welches von den Feuerungen der Stadt gesammelt wird), oder Sand verarbeitet. Der Thon der mittleren Schichten bedarf höchstens Cinders, keinen Sand. Die Backsteine der meisten Häuser in London sind aus derselben Erde gemacht, welche für die Fundamente ausgegraben wird.

In Amerika versetzt man mit Erfolg die Erde oft mit Anthracitabfall. Lehm, mit Sand versetzt, ist das Material, welches bei uns wohl am häufigsten angewendet wird.

Ueber die Tauglichkeit einer Erde zum Backstein- oder Ziegelbrennen kann man nur dann ein Urtheil gewinnen, wenn man sich zuvor vergegenwärtigt, welchen Anforderungen ein guter Stein, oder Ziegel, seinem Zwecke gegenüber genügen muß. Sie sind folgende:

1) Die Backsteine müssen hinreichend hart und fest sein, um den Druck der über ihnen lagernden Mauerschichten zu tragen, ohne zu springen und um beim Transport nicht zu brechen. Letzteres gilt besonders für die Ziegel.

2) Um dem bezeichneten Drucke zu widerstehen, müssen die Steine vor allen Dingen möglichst flach, aber nicht hohl, auf einander liegen; folglich richtig und geradflächig geformt und nicht mit Höhlungen und Rissen behaftet sein, welche ihre Festigkeit beeinträchtigen.

3) Sie sollen ferner nicht zu schwer, d. h. zu dicht, sein, weil im Bau-

Auswahl
des Thones.
Eigenschaften
guter Steine.

wesen ein überflüssiges Gewicht als eine Verminderung der Festigkeit angesehen werden muß. Dies gilt ganz besonders für Ziegel, insofern bei der Dachbedeckung eine geringe Belastung die vornehmste Rücksicht ist. Ebenso wichtig ist es, was mit der Dichtigkeit und Porosität der Masse zusammenhängt, daß die Backsteine gegen den verbindenden Mörtel die gehörige Adhäsion zeigen, d. h. daß der nasse Mörtel fest genug anhaftet, um nach dem Erhärten einen dauerhaften Verband zu bilden.

4) Die Mauersteine müssen sich leicht und sicher »verhauen« lassen, d. h. sie müssen einen solchen Härtegrad und eine solche gleichmäßige Beschaffenheit im Innern besitzen, daß sie unter dem Schlag des Hammers nicht zerfallen, oder in einer andern, als der gewünschten Richtung, oder zu schwer durchspringen.

5) Sie dürfen sich unter dem Einflusse von Feuchtigkeit und Kälte nicht zerbröckeln oder abblättern.

6) Endlich müssen diejenigen gebrannten Steine, die in Folge ihrer Bestimmung höheren, oder sehr hohen Temperaturen ausgesetzt sind, also die zu Öfen, Feuerungen, Heerden, Stubenöfen und Hüttenöfen gebraucht werden, vermöge ihrer Mischung im Stande sein, Temperaturwechsel auszuhalten, ohne zu brechen, sowie hohe Hitzegrade bestehen, ohne zu schmelzen. Im Gewerbe-, Hütten- und Fabrikwesen ist diese Rücksicht so überaus wichtig, daß die Herstellung solcher Steine ein besonderer Zweig geworden ist, wovon weiter unten die Rede sein wird (s. die »feuerfesten« Steine).

Man sieht beim ersten Blick, daß viele dieser Eigenschaften lediglich von der Formung und der Leitung des Brandes abhängen, während dagegen die unter 3, 5 und 6 angeführten Fehler, aus einer unrichtigen Mischung oder Unreinheit des Thones entspringen. Fast jede Masse zu gebrannten Steinen besteht entweder aus einem von Natur nicht ganz gleichförmigen Thone, oder ist doch aus verschiedenen Thonen unvollkommen gemengt. In beiden Fällen wird diese Ungleichartigkeit in dem fertigen Stein, theils sichtbar durch die verschiedenartige Farbe hervortreten, theils durch geringere Festigkeit und falsches Springen beim Behauen fühlbar werden.

Endlich enthalten solche Thone fast stets fremdartige Beimengungen, deren Nichtentfernung von nachtheiligen Folgen begleitet ist.

Dahin gehören Kalktheile, die nicht gleichmäßig unter die Thontheile gemengt sind; ferner Stücke von Schwefelkies, kleinere Steine und Gerölle, Reste von organischen Theilen u., alles Dinge, die sich anders verhalten, als die gebrannte Thonmasse, und folglich die Gleichmäßigkeit unterbrechen.

In der That, wenn ein Thon, besonders Lehm, Stückchen von Kalkfelsen, z. B. Kreidestückchen, Kalknieren, kalkige Versteinerungen enthält, so werden sich diese unverändert im Feuer brennen und eine Höhlung voll gebranntem Kalk bilden, der höchstens an den Wänden mit der Thonmasse verschmolzen ist. Sobald bei der ersten Gelegenheit Wasser in den Stein dringt und diese Nieren erreicht, wird sich der Kalk löschen, aufblähen und den Stein zerblättern.

In ähnlicher Weise wird sich Schwefelkies zersetzen, ein Theil, oder aller Schwefel wird abbrennen und eine Menge Eisenoryd (oder basisch schwefel-

saures) zurückbleiben, die nicht mehr im Stande ist, die Höhlung auszufüllen, die das Riesstückchen in dem Steine geformt hatte. Ueberhaupt haben alle Gemengtheile des Thones, auch die im Feuer nicht verändert werden, jedenfalls den Nachtheil, daß sie Höhlungen bilden, die nach dem Brennen nicht mehr ganz davon erfüllt sind. Die Ursache ist naheliegend. Ein Steinchen z. B. verändert seinen Umfang im Feuer nicht, aber die umgebende Thonmasse schwindet sehr bedeutend und bleibend. Dadurch wird aber die Höhlung, die dasselbe in der Thonmasse gebildet hat, auch bleibend weiter und kann nachher von dem Steinchen nicht mehr ganz erfüllt werden, wodurch der Stein an einer solchen Stelle eher brechen wird, als an einer andern.

Pflanzenreste, Wurzelstücke wirken natürlich ebenso schädlich; sie hinterlassen nach der Verbrennung, wogegen sie bei der Porosität des Thones auch im Innern des Steins nicht geschützt sind, Höhlungen. Oft verursachen solche Theile durch heftige Gasentwicklung ein Plagen des Steins.

Wenn größere Geröllstücke in dem Thon verbleiben, so kann es sich ereignen, daß dieselben, wenn sie der Oberfläche nahe lagen, nach dem Brennen als Erhabenheiten hervortreten. Es bleiben nämlich solche Gerölle stehen, während die Thonmasse umher schwindet, d. h. einsinkt.

Die aufgezählten Eigenschaften der gebrannten Steine und ihre möglichen Fehler sind es nun, welche den Ziegler bei der Auswahl des Thons leiten müssen. Dabei ist es aber so gut wie unmöglich, über die Brauchbarkeit eines geeignet scheinenden Thons im Voraus zu bestimmen. Wenn auch die Art des Vorkommens, die Farbe, die Bildungsamkeit, der Grad der Reinheit, das Aufbrausen oder Nichtaufbrausen mit Säuren, schon ziemlich sichere Kennzeichen an die Hand geben; so ist es doch stets rathsam und das Einfachste, durch Brennen einiger Probeziegel sich zu überzeugen, ob der Thon als Material für den betreffenden Zweck geeignet ist. Es wird natürlich nur in selteneren Fällen zutreffen, daß ein Thon alle gewünschten Eigenschaften in sich vereinigt, und man hat durch fortgesetzte Versuche zu ermitteln, in welchem Verhältnisse fetter und magerer Thon, in welchem Verhältnisse Sand oder ähnliche Zusätze zu machen sind, damit der Ziegelthon die rechte Beschaffenheit zeige. So lange der Thon zu fett ist, so lange werden die Steine zu dicht, zu wenig porös ausfallen, sich zu leicht verwerfen und reißen; so lange der Thon zu mager, so lange werden die Probeziegel zu mürbe und zerreiblich erscheinen. Es versteht sich von selbst, daß man bei der Beurtheilung der Proben stets den besonderen Zweck streng im Auge behalten muß, zu welchem die gebrannten Steine bestimmt sind. Ein Thon kann für Ziegel taugen, aber für Backsteine viel zu fett sein, denn bei der geringeren Dicke der ersteren ist das Schwinden des fetten Thones weit weniger nachtheilig, während sich ein solcher Thon leichter formt und dichtere, festere und haltbarere Waaren (bei gleicher Dicke) liefert, als ein magerer. Dachziegel aus fettem Thon können also im Allgemeinen leichter gearbeitet werden.

Frisch gegrabener Thon ist theils wegen seiner Unreinheit, theils wegen seiner Ungleichförmigkeit, theils wegen ungleichen und unzureichenden Wassergehaltes, besonders aber auch deshalb zum unmittelbaren Verarbeiten untaug-

Zubereit-
ung des
Thons. lich, weil er beinahe immer noch in der oben ange deuteten Weise mit Zusätzen gemischt werden muß.

Nach dem gewöhnlichem Verfahren besteht die Zubereitung des Thones in längerem Liegenlassen an der Luft, im Einsumpfen und Treten.

Das Liegenlassen des gegrabenen Thones in Wetter und Luft hat zum Zwecke, diejenige Erweichung und Auslockerung durch die Zeit zu erreichen, die man sonst nur mit Kosten und Arbeit erzielen kann, wenn sie rasch geschehen soll.

Neben Regen und Thau, die den Thon mittelst allmählicher Durchdringung gleichförmiger anfeuchten und in Zusammenwirkung mit der atmosphärischen Luft durch Verwitterung fremdartiger Mineraltheile verbessern, ist der Frost ein sehr kräftiges Mittel zur Auslockerung.

Jedermann weiß, daß ein gefrorener Lehmklumpen nach dem Aufthauen überaus leicht zu einem Schlammte zerfließt: wenn man sich nämlich erinnert, daß das Wasser beim Gefrieren eine Ausdehnung erleidet, so sieht man leicht, wie durch das Erstarren des Wassers, welches sich zwischen den feinen Thontheilchen durch Haarröhrchenanziehung festgehalten befindet, die Thontheilchen mit großer Kraft auseinandergerückt werden. Diese Auslockerung ist natürlich eine bleibende, sobald man den Thon verhindert, nachher wieder einzutrocknen. Wo es also irgend angeht, soll man das Frierenlassen nicht verabsäumen und den Thon mehrere Monate auswittern lassen.

Es mag diese Operation vorhergegangen sein oder nicht, so bringt man den Thon nunmehr in den Sumpf (d. i. Gruben, die wo möglich ausgehielet oder ausgepflastert sind), um ihn daselbst zum Behuf des Einweichens mit so viel Wasser zu übergießen, daß alle Klumpen untergetaucht sind. Bei diesem Einsumpfen sucht man das Durchweichen durch häufiges Umstechen zu befördern.

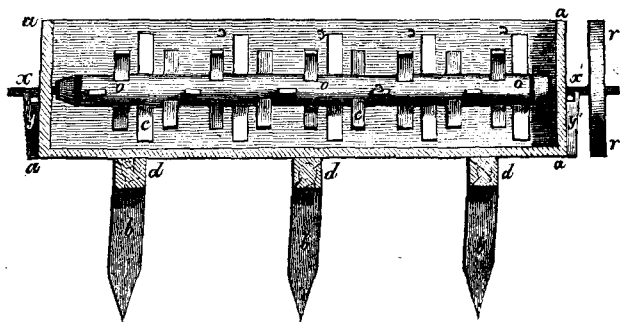
Wenn der Thon so viel Wasser aufgenommen hat und so weich geworden ist, daß er leicht dem Drucke nachgiebt, so beginnt man mit dem Durchtreten. Eine Schicht von mäßiger Dicke wird auf einem Diehlenboden ausgebreitet und mit bloßen Füßen durchgetreten. Diese Arbeit mit bloßen Füßen vorzunehmen, hat den großen Vortheil, daß der Arbeiter alle fremdartigen Dinge, wie Wurzeln, Steinchen u. leicht fühlt und auslesen kann, was in Stiefeln oder mit Stempeln nicht möglich wäre. Wenn es erforderlich sein sollte, so gießt man noch mehr Wasser auf und fügt nach einiger Zeit mehr frischen Thon zu und so fort, so lange bis die Masse der Bewegung der Füße durch ihre Dicke hinderlich wird. Wenn die Ziegelmasse aus verschiedenen Thonsorten zusammengesetzt wird, so bringt man diese am besten schon im gehörigen Verhältnisse in den Sumpf. Der Sand, die Kohlenasche, Torfabgänge und ähnliche Zusätze dagegen werden auf dem Tretpfatz auf den Thon aufgeschüttet und untergetreten. Mit dem Treten muß so lange fortgefahren werden, bis der Thon in seiner ganzen Masse gleich weich und gleichmäßig feucht erscheint. Im Gegentheil würden die weniger feuchten Theile stärker schwinden, als die feuchteren und ein Verziehen eintreten. Indessen wird der Thon durch Treten niemals so gleichförmig, als die Masse für die verschiedenen Geschirre. Der

fertige Thon muß an Orten (in Gruben) vorrätig gehalten werden, wo er nicht oberflächlich austrocknen kann. Aufberei-
tung des
Thons.

Da, wo ein umfassendes Thonlager vorhanden und ein regelmäßiger und bedeutender Absatz der Waare gegeben sind, also da, wo man stehende Ziegeleien anlegen kann und vollkommener und kostspieliger Einrichtungen möglich sind, wie in der Umgebung großer Städte, pflegt man die Aufbereitung des Thons sorgfältiger, mit größerem Aufwand und nicht selten mit Maschinen zu betreiben. — In England z. B. pflegt man den ausgewitterten Thon zu schlämmen, d. h. mit Wasser zu einer Schlempe anzumachen, die man zur Beseitigung der groben Unreinigkeiten durch ein Sieb in Sümpfe zum Absetzen laufen läßt. Dort, wenn das überschüssige Wasser abgezogen und verdunstet ist, fügt man kalkige Zusätze hinzu, wenn diese erforderlich sind. Die Steinkohlenasche (Cinders) aber wird stets eingetreten; zu dem Ende sibt man auf eine 3 Fuß dicke Schicht Thon, je nach seiner Fettigkeit 1 bis 1½ Zoll Steinkohlenasche. —

In der Fabrik von Henschel in Kassel, woselbst Steine, Röhren und architektonische Ornamente aus Thon verfertigt werden, bedient man sich einer Maschine zum Aufweichen und Reinigen des Thons, welche das Treten ersetzt. Diese einfache Vorrichtung, Fig. 233, besteht aus einem hölzernen viereckigen Schläm-
maschine.

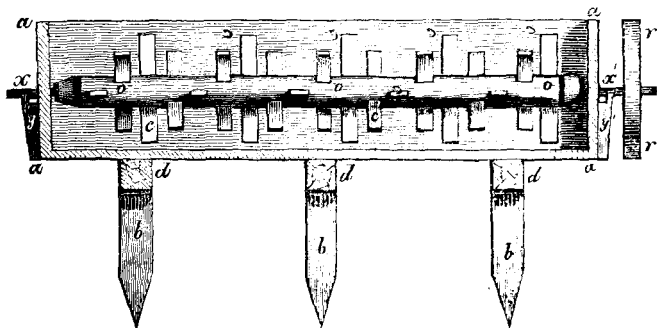
Fig. 233.



Trog *a, a, a, a*, der auf die Balken *d, d, d* aufgezogen ist. Diese letzteren sind in die eingerammten Pfähle *b, b, b* eingezapft, so daß dadurch dem Ganzen eine hinreichend feste Lage gesichert ist. In der Ase des Troges befindet sich eine hölzerne, an beiden Enden mit Eisen beschlagene Welle *o, o, o*, auf welcher 19 Rührarme *c, c, c* in einer Reihe und zwar so aufgezogen sind, daß je zwei einen Winkel von 45° mit einander machen. Die eiserne Ase *x x'* der Welle *o* geht auf beiden Seiten durch die schmalen Wände des Troges und ruht außerhalb in den Zapfenlagern *y'* und *y*. Bei *x'* ist eine Rolle *r, r* auf die Ase aufgezogen, welche durch ein darüber geschlungenes Laufband die Verbindung der Maschine mit der Triebkraft (dem Pferdewegpel) vermittelt. Wenn der Trog gehörig mit Wasser und Thon beschickt ist, so bedeckt man ihn von oben mit einem Deckel und läßt die Welle an. Durch die Bewegung derselben werden natürlich die Arme *c, c* den Thon zerdrücken und mit dem Wasser durcheinanderpeitschen, bis eine gleichförmige Schlempe

Aufberei-
tung des
Thones.
Schleim-
maschine. daraus entstanden ist. Diese flüssige Masse wird alsdann durch ein Sieb in die Menggrube abgelassen, wo sie nachher mit den nöthigen Zusätzen versehen und durch die Thonmühle Fig. 221 gelassen wird. Die Reinigung des Thones geschieht aber nicht bloß durch die Siebe, sondern auch in einem gewissen Grade durch die eigenthümliche Wirkung der Maschine selbst. Wie man aus der Abbildung

Fig. 234.



ersieht, reichen die Arme *c, c* nicht bis an Boden und Wand des Trogs, sondern gehen daran in einem Abstand von einigen Zollen vorüber, der in den Ecken noch mehr beträgt. In diesen Zwischenraum setzt sich sogleich ein weicher Ueberzug von Thon fest, der von den Rührarmen nicht erreicht, folglich auch nicht aufgeschlämmt werden kann. Alle gröbere Steine, Knollen u. drücken sich nun während der Arbeit in diese Masse ein und werden somit aus dem zu schlammenden Thone entfernt. —

In der Feilner'schen Fabrik in Berlin ist der Trog von Gußeisen, der Deckel von Holz und die Arme *c, c* an den Enden dreizackig.

Das
Formen
aus der Hand.

Das Formen der Steine auf den gewöhnlichen Ziegelhütten ist eine einfachere Operation, als bei allen anderen Thonwaaren. Der Arbeiter hat einen Vorrath Thon neben sich, einen Tisch vor sich und ist von einem Handlanger unterstützt. Die Formen sind viereckige Rahmen von Holz oder besser Gußeisen, welche um den Betrag der Schwindung größer sein müssen, als der künstige Stein. Die Rahmen bilden an und für sich nur die vier schmalen Kanten; die eine breite Fläche wird durch den Tisch, der der Form als Unterlage dient, die andere dadurch geformt, daß der Arbeiter den überschüssigen Thon mit einem gerade gerichteten Streichbrett dicht über dem Formrand wegstreicht. Um das lästige Anhängen des Thons zu vermeiden, pflegt man die nasse Form in Sand zu wälzen, wodurch sich der geformte Stein leicht, ohne Zeitverlust und ohne Verbiegung aus dem Rahmen löst. Die Arbeit verläuft in folgender Weise: Der Arbeiter wirft einen Thonballen mit Gewalt in die vor ihm stehende gesandete Form; die Masse, die sich zum großen Theil schon durch den Wurf in der Form abgeplattet hat, wird durch einige rasche Griffe mit der flachen Hand und dem Daumen in die Ecken ausgebreitet und das über die Form Vorstehende mit dem Streichbrett weggenommen. In diesem Augenblicke kehrt der Handlanger mit einer entleerten Form zurück, legt dieselbe

an die Stelle der gefüllten und bringt diese nach dem Trockenplage, genau auf die Stelle, wo der neue Stein zum ersten Trocknen liegen soll. Nachdem die Form abgezogen ist (was möglichst senkrecht geschehen muß, um die Ecken und Kanten nicht zu verderben), taucht sie der Handlanger zuerst in Wasser, dann in Sand und eilt zum Formtisch zurück, um sie ebenfalls gegen die erste, unterdessen gefüllte Form einzutauschen u. s. f.

Das
Formen
aus der Han

Die Leistung der Arbeiter in einer bestimmten Zeit ist zwar stets sehr groß, hängt aber wesentlich von dessen Kraft und Gewandtheit ab. Deshalb sind auch die Angaben über diesen Punkt schwankend, und es wird die Zahl der Steine, die ein Ziegler in einem Arbeitstage von 12 Stunden fertigt, von 2500 bis 10000, oder 3 bis 14 in der Minute angegeben. Nach Simms stellte sich in den, zur Dover-London Eisenbahn gehörigen Ziegeleien die Leistung von 1 Former, 1 Treter, 1 Kärner und 2 Jungen auf 16000 Steine die Woche. Daß die Beschaffenheit des Thons dabei von sehr großem Einfluß ist, beweist unter Anderem die Bemerkung desselben Technikers, wonach 30 sand-stock-bricks soviel Zeit erfordern als 16 slop-bricks, welches einem Verhältniß des Arbeitslohns wie 4 : 7 entspricht.

Es ist demnach das Formen von Steinen eine höchst wohlfeile Arbeit. In England, wo der Tagelohn am theuersten ist, betragen die Formkosten von ungefähr 22 Steinen 1 Kreuzer; bei uns — wenn man für den Former 46 Kr. und für den Handlanger 28 Kr. Tagelohn und ihre Leistung auf 5000 Steine anschlägt — kosten 67 Steine 1 Kreuzer zu formen, worin aber schon ein Theil der Trocknungskosten mit begriffen ist. Eine solche Einfachheit und Wohlfeilheit ist begreiflicher Weise eine schwere Concurrenz für das Formen der Steine mit Maschinen; denn die Leistung eines Handformers kommt der Leistung einer Maschine nahe genug, und es können nur höchstens da die Kosten für Anschaffung und Erhaltung der Maschine bestritten werden, wo die Anfertigung von Steinen unter sonst günstigen Umständen mit großer Capitalkraft betrieben wird. Jene Umstände treffen aber sehr selten ein. Die Deckung der Zinsen für das Betriebscapital, die Erhaltung und die Nothwendigkeit, eine Maschine ununterbrochen zu beschäftigen, verbunden mit den Kosten und Zinsen für die bewegende Kraft, welche solche Maschinen bedürfen, setzen also — wenn die Sache von Vortheil sein soll — einen fortlaufenden und ungeheuren Absatz voraus. Ein solcher Absatz ist aber um deswillen nur selten möglich, weil die Ziegel durch weiteren Transport zu kostspielig werden und mithin eine Ziegelei auf einen nicht sehr großen Markt beschränkt ist. Es kann daher nicht befremden, wenn man Maschinenziegeleien so selten begegnet. Nichtsdestoweniger ist es hier an seinem Plage, einen Blick auf die Principien zu werfen, welche diesen Maschinen zu Grunde liegen. Sie lassen sich darnach füglich auf folgende Klassen zurückführen:

1. Maschinen mit wirklichen Formen, wie beim Handformen. Es ist nur eine einzige Form vorhanden, die mittelst einer Maschinerie gefüllt, geglichen und bewegt wird.

Die Form passirt zuerst unter die Thonmaschine, um sich zu füllen, kommt dann unter einen Maschinentheil, der den Thon in die Form preßt,

mit Maschi-
n n.

Das
Formen
mit Maschi-
nen.

und kommt endlich frei über die Unterlage zu stehen, um einem Stempel Raum zu geben, der den Stein von unten heraushebt.

Auf diesem Principe beruhen die von Knisley 1813, von Delamontaine 1825, von Thierrien aus Amiens 1829, von Carville aus Issy bei Paris 1840, die von Choice und Gibson neuerdings bekannt gewordenen Maschinen und die von Mac-Nab, nur daß bei mehreren derselben die hin- und hergehende Bewegung in eine fortlaufende verwandelt ist.

II. Maschinen, welche das Formen mit mehreren Formen bewirken, welche entweder auf einer drehenden Scheibe, oder auf der krummen Fläche eines Cylinders geordnet sind. Im ersten Falle ist die Bewegung entweder eine hin- und hergehende, oder drehende, und zwar um eine senkrechte Ase; im zweiten Falle eine drehende um eine waagerechte Ase. Bei der von Forsyth z. B. preßt ein dampfbewegter Kolben den Thon in einem Cylinder auf eine bewegliche Formplatte, die den Boden des letzteren bildet. Diese Formplatte ist mit einer Reihe viereckiger Schlitze versehen (welche eben die Mauerziegelformen sind) und bewegt sich hin und her, so daß abwechselnd die Hälfte der Schlitze unter dem Cylinder sich befindet und gefüllt wird, während die andere Hälfte sich frei neben dem Cylinder herauszieht und somit ins Bereich eines Apparates kommt, der die geformten Steine aus den Schlitzen von oben nach unten auf Trockenbretter herauschiebt.

Ferner gehören unter die Maschinen mit Scheiben oder Platten, die von Doolittle 1819 bekannt gemachte, bei Washington gebräuchliche, die von Levasseur-Précourt (1826 patentisirte) und die von Champion, Fabres und Janies-Dubry aus Besançon (p. 1830), sowie die des Marquis of Tweedale für Mauerziegel.

Maschinen mit Cylinder sind die der Baronesse Gavedal-Geanny (p. 1826), die von Maudot und Comp. (p. 1828), von Cartereau (p. 1829) und die neueren von Leahy und von Nash.

III. Maschinen, welche mittelst ihrer Form die Mauerziegel aus einem Thonkuchen ausstechen, so etwa, wie man feines Backwerk zu formen pflegt. Natürlich muß in diesem Falle von der Maschine ein Thonkuchen von der Dicke des künftigen Steines vorbereitet werden. — Bei hinreichendem Drucke lassen sich mit solchen Vorrichtungen den Steinen gleichzeitig architektonische Verzierungen in halberhabener Arbeit aufdrücken, wie bei der Maschine von Virebent in Toulouse (p. 1831). Sonst gehören noch hierher die von Cundy 1827 bekannt gewordene, ferner die der Gebrüder Bosq, Girault und Gebrüder Laxil (p. 1829).

IV. Maschinen, welche ein fortlaufendes Band von Thon erzeugen und dasselbe nachher in einzelne Mauerziegel zerschneiden. Ein solches Band ist ein Parallelepiped von beliebiger Länge, dessen Dicke der Dicke des Backsteins, dessen Breite seiner Länge gleichkommt. Wenn man daher von diesem Bande Stücke von der Breite eines Backsteines abschneidet, so werden diese überhaupt die richtige Form eines Backsteines besitzen. Die Erzeugung des Thonbandes geschieht in diesen Maschinen in einer Weise, die theils Aehnlichkeit mit der Verfertigung von Nudeln in Nudelfabriken, theils

mit dem Ziehen von Draht auf Drahtzügen hat, d. h. sie geschieht dadurch, daß ein Cylinder den Thon von der Thonmaschine empfängt und der Kolben des Cylinders den Inhalt gewaltsam durch eine Oeffnung von dem oben bezeichneten Querschnitte preßt; das daraus hervorquellende Band geht erst durch Walzenpaare etc., um seine Form nachzubessern, und wird dann von einer horizontalen Unterlage aufgenommen und durch auf und nieder gehende Drähte zerschnitten. Es versteht sich von selbst, daß der Querschnitt eines solchen Bandes ebenso gut 2 und 4 Steinen gleichkommen kann, beides entweder in Dicke oder Länge. Alsdann ist aber der Schneideapparat zusammengefügter und trennt mit jedem Schnitte auch 2, oder 4 Steine. Die Maschine von Hofsternberg (1807 in Petersburg im Gebrauch), die von George aus Lyon (p. 1828) und die des Marquis of Tweedale für Dachziegel, aber ganz besonders die bekannten von Teraffon-Foujères, die in demselben Jahre die goldene Medaille der Soc. d'encourg. erhielt, gehören hierher. Auf der letzteren können 10, 20, 30 bis 40 Steine auf einmal geschnitten werden.

Das
Formen
mit Maschi-
nen.

Es ist schon angeführt worden, daß die fertig geformten Ziegel von den Handlangern flach auf den Trockenplatz gelegt werden. Nach Maaßgabe als dieselben nun durch Trocknen steifer werden und die Gefahr des Verbiegens aufhört, stellt man sie zuerst auf die hohe Kante und schichtet endlich 3, 4 bis 5 Reihen in dieser Stellung übereinander, aber so, daß Zwischenräume bleiben und der Luftzug allenthalben durch die Lücken der dadurch entstehenden, durchbrochenen Mauer streicht. Des Nachts, oder wenn Regen droht, oder wenn man überhaupt das Trocknen nicht immer überwachen kann, müssen die Mauern von oben mit Brettern und Stroh, von der Seite ebenfalls mit Stroh oder Matten bedeckt werden. Hier und da pflegt man die halbtrocknen Ziegel inzwischen durch Schlagen mit einem flachen Brette nachzubessern, eine Maaßregel, die die Güte der Steine sehr befördert und jedenfalls anzurathen ist, wenn es sich mit dem Kostenpunkte verträgt. Der Verlauf des Trocknens geht sehr deutlich aus folgendem Beispiel hervor: Ein Stein (9,9 Zoll lang, 5,1 Zoll breit und 2,6 Zoll dick) wog frisch geformt 94 Unzen; vor dem Brennen (also völlig lufttrocken) nur noch 72 und nach dem Brennen 68 Unzen. Während des Trocknens sind also 22 Unzen Wasser weggegangen, und zwar 9 Unzen in den ersten 24 Stunden, 13 Unzen während der übrigen Trockenzzeit, d. h. in 5 bis 6 Wochen. Der trockne Stein hielt noch 4 Unzen Feuchtigkeit zurück, die beim Brennen entweichen. — In stehenden Ziegeleien werden die Mauerziegel in besonderen Schoppen getrocknet. Sie bestehen aus einem unter Dach, aber sonst offen angelegten Baue von Lattengerüsten; beim Formen entleert man die Form auf Tragbrettchen, welche man mit dem Steine auf die Latten neben einander reiht. — Das Trocknen der Dachziegel geschieht nie anders, weil man diese nicht für sich über einander stellen kann; dagegen ist das Formen etwas verschieden.

Das
Trocknen.

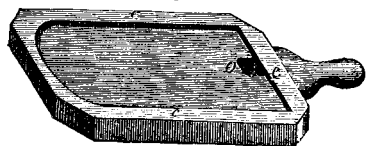
Die Gestalt der Ziegel weicht nämlich darin ab, daß sie mit einem Vorsprung oder »Nase« versehen sein müssen, womit sie an die Dachsparren befestigt werden. Die in hiesiger Gegend (Gießen) gebräuchlichen Formen,

Formen der
Dachziegel.

Formen der
Dachziegel.

Fig. 235, bestehen aus einem Brette mit Handhaben, worauf schmale Leisten *c, c* von der Dicke der Ziegel aufgenagelt sind. Diese Leisten sind so ausgeschnitten, daß sie die Form des Ziegels bilden, während die Nase sich in der Vertiefung *o* abdrückt. Der Arbeiter fängt damit an, diese Form mit Staub (Thausseestaub oder feingemahlenem trocknen Thon) zu bestreuen, wirft dann einen Ballen Thon darauf, drückt diesen in die

Fig. 235.



Ecken und in *c* fest ein, schneidet das Ueberflüssige mit einem Draht glatt über den Leisten weg und legt es zur Seite, um sogleich mit einem glatten Holz die Schnittfläche zu ebenen. Nachdem der Ziegel auf diese Art geformt ist, faßt der Arbeiter die Form beim Griff und stürzt sie auf ein Trockenbrett um, worauf der Ziegel liegen bleibt, während die leer gewordene Form auf's Neue gefüllt wird u. s. f. Krumme Ziegel, wie die Firstziegel von der Form, werden zuerst flach geformt und dann auf einem rundlichen Holze, dem Formbocke, gebogen. Die rothe Farbe erhalten die Ziegel dadurch, daß man sie lufttrocken in eine Schlempe von sehr eischüssigem Lehm oder ockrigem Thon eintaucht.

Es versteht sich von selbst, daß man mittelst der oben erörterten Maschinen ebenso gut Ziegel, als Backsteine formen kann. Indessen macht das Aufsetzen der Nase einige Schwierigkeit und muß meist in einer besonderen Operation geschehen.

Das
Brennen.

Das Brennen der Backsteine und Ziegel geschieht, wie man sich leicht denken kann, auf sehr verschiedenen Wegen. Die Natur des Brennstoffs, der dem Ziegler zu Gebote steht, seine Geldmittel und Einsicht, das Herkömmliche, sind nicht allein maassgebend; denn es hängt ebenso viel davon ab, ob es sich um einen fortlaufenden Betrieb in stehenden Ziegeleien handelt, oder ob um einen periodischen Betrieb an Ort und Stelle, wo man ein Thonlager für einen vorübergehenden Zweck ausbeutet, wie bei Eisenbahnbauten u. Keiner von diesen Umständen giebt eine entschiedene Richtschnur ab, doch bestimmen sie im Allgemeinen den Weg, den man einzuschlagen hat, unter gehöriger Berücksichtigung des jedesmaligen Preises von Brennstoff, Arbeitslohn u. Die verschiedenen Einrichtungen zum Brennen der Thonsteine lassen sich sehr gut unter zwei bestimmte Gesichtspunkte fassen:

entweder baut man einen besonderen Ofen, der jedesmal mit der zu brennenden Waare beschickt wird, wie bei den Thongeschirren. Solche Ofen sind bald offen, bald geschlossen, bald stehend, bald liegend;

oder man setzt die zu brennenden Steine so übereinander, und bedeckt sie in der Weise, daß diese selbst mit der Bedeckung eine Art extemporirten Ofen bilden; Feldbrennerei.

Die Feldbrennerei ist sehr geeignet, um große Massen von Steinen auf einmal zu brennen, kann aber auf Steine, bei denen es auf besondere Feinheit und Reinheit der Form ankommt, z. B. auf Dachziegel, nicht angewendet werden

und ist am besten für Steinkohlen-, weniger für Torffeuer, nicht gut für Die Defen, Holzfeuer passend.

Die Defen dagegen sind für jeden Brennstoff und jede Waare geschikt, fassen aber in der Regel bedeutend weniger Steine und sind mit Kosten der Erbauung 2c. verknüpft, die im andern Falle wegfallen.

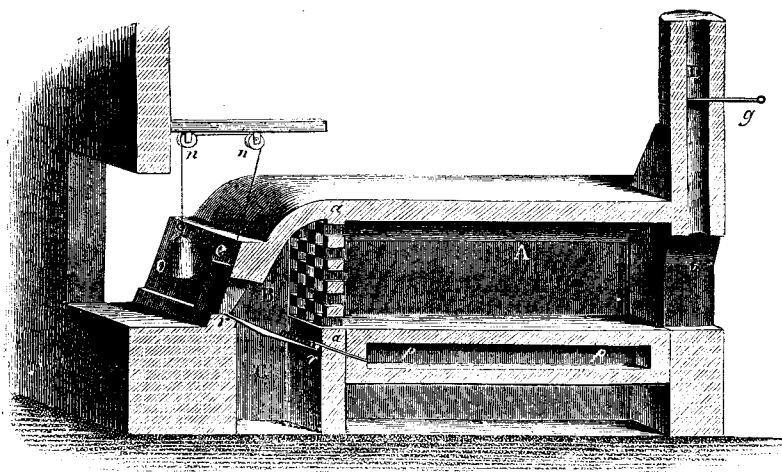
Ein Nachtheil endlich ist beiden Fällen gemein und mag höchstens bei einigen stehenden Defen eine Ausnahme erleiden, nämlich unvollkommene Leitung der Temperatur. Dieser Uebelstand gewinnt eigentlich nur durch die Leichtschmelzbarkeit des Thones Bedeutung, woraus gewöhnliche Ziegel gemacht werden. Denn bei der Masse der Steine, die auf einmal gebrannt werden, ist der Ziegler gleichsam gezwungen, wenn er die dem Feuer entfernter liegenden Steine zur Gahre bringen will, die übrigen dem Heerde näher befindlichen zu überhizen, wodurch sie anfangen zu fließen, sich zu krümmen, zu sogenannten »Sauen« zusammenzubacken, kurz zu verderben.

Statt weiterer Erörterungen mögen einige Beispiele die Grundsätze erläutern, worauf die Einrichtung und Handhabung beim Brennen beruhen.

Der stehende Ofen, Fig. 236, ist von Henschel angegeben und in der

liegende, geschloff-ne.

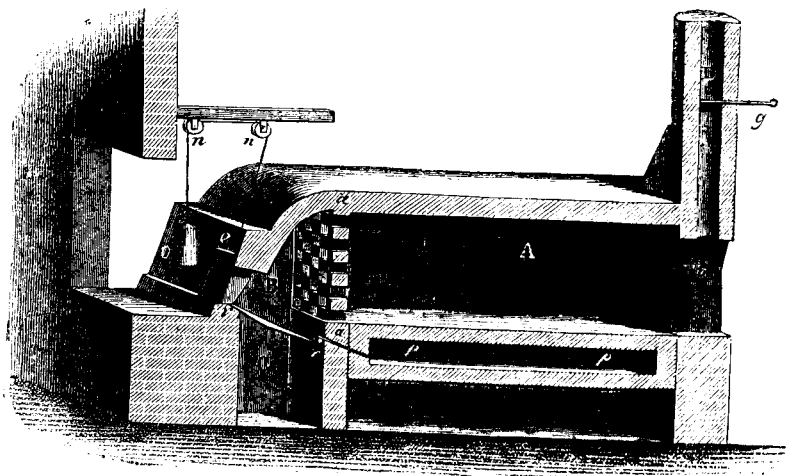
Fig. 236.



Gegend von Kassel allenthalben gebräuchlich. Obgleich für Ziegel bestimmt, kann derselbe doch zugleich als gewöhnlicher Töpferofen (vergleiche S. 572) von sehr guter Construction angesehen werden. *A* ist der Brennraum, *B* die Feuerung, *C* der Aschenfall, *D* die Esse. Das Feuer geht mithin von der einen schmalen Seite in waagerechter Richtung durch die ganze Länge des Ofens nach dem Kamin. Unter diesem befindet sich die Einsatsthür *b*, die bei jedem Brande vermauert wird. Die durchbrochene Mauer *a*, *a* scheidet den Feuerheerd von dem Brennraume und bewirkt eine gehörige Vertheilung des Feuers über den Querschnitt. Die Anlage des Feuerheerdes ist bei diesen

Die Dfen, liegende, geschlossene, Dfen besonders empfehlenswerth. Der Kofl r ift gegen den Dfen geneigt, um das Nachrüden des Brennftoffes zu befördern, während die Krümmung der Decke, die Flamme ungezwungen nach dem Brennraume leitet. Die Heizthür e kann leicht mittelft des Gewichtes o an den Rollen n, n an der fchiefen

Fig. 237.



Vorderwand aufgezogen werden. Der Kanal p, fowie einige ähnliche kleinere Kanäle in den Wänden an den Längsfeiten des Dfens, dienen für die Trockenerhaltung des Mauerwerks, einer Hauptbedingung für eine tüchtige Leiftung. Bei den Ziegelöfen auf dem platten Lande, die meift von derfelben Einrichtung, aber roher und von fchlechten Verhältniffen find, wird gegen diefen Punkt am meiften gefehlt. Man fieht folche Dfen nicht felten bis zur Höhe des Kofles in den Boden verfenkt (um die Befchickung bequemer eintragen zu können), ohne daß die erforderlichen Abzöchte für die Feuchtigfeit vorhanden find. Ebenfo oft fehlt es an einem guten Schluffe und an Dichtigkeit des Mauerwerks, ohne welche eine richtige Regulirung des Feuers eine Unmöglichkeit ift. Bei Henschel's Dfen ift zu diefem Zwecke in der Efse bei g eine Schieberplatte von Eifen angebracht. Durch eine verfchließbare Deffnung der Efse, einige Zoll oberhalb diefer Platte kann man diefelbe mit Sand beftreuen, um einen dichten Schluff während der Abkühlung des Dfens zu erhalten. Um dem Ganzen mehr Dauer zu verleihen, muß man den Dfen in Stabeifen binden.

Es ift von felbft einleuchtend, daß die Hitze bei diefem und allen ähnlichen Dfen beim Ständer a, a viel größer fein muß, als gegen die Efse hin. Um dem Schmelzen der Steine (der Bildung von Sauen) zu begegnen, pflegt man beinahe ftets in dem Vordertheile des Dfens eine gewiffe Menge Kalk einzufegen, dem der höhere Hitzgrad nicht fchadet.

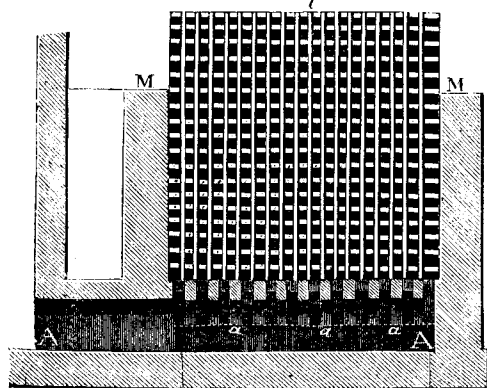
Bei einem Dfen, wie der abgebildete, deffen Brennraum $3\frac{1}{2}'$ hoch und 10' lang war, also von der kleinften Gattung, fand man den Aufwand an

Raffeler Braunkohlen (deren Hitzkraft f. S. 60) zu circa 24 Etr., um eine volle Beschickung von 6000 Stück Backsteinen und den zugehörigen Kalk gahr zu brennen, welches 48 bis 52 Stunden dauert. Meist fassen unsere Ziegelöfen das Doppelte und mehr, wobei aber verhältnißmäßig weniger Brennstoff erforderlich ist. Da, wo man mit Holz statt mit Kohlen heizt, muß der Brennraum verhältnißmäßig länger sein, weil die Holzflamme ungleich länger ist.

Im Württembergischen sind die dort üblichen Ziegelöfen vor mehreren Jahren von Weberling, durch Einführung guter geschlossener Defen verbessert worden. Man brannte früher 10000 Ziegel in 3 bis 4 Tagen mit 7 Klastern *) Birken-, oder 9 Klastern Tannenholz, oder 24 bis 30 Tausend Stück Torf gahr. Nunmehr verbraucht ein Weberling'scher Ofen für gleichen Einsatz $2\frac{1}{4}$ bis $2\frac{1}{2}$ Klastern Birken- oder 3 bis $3\frac{1}{2}$ Klastern Tannenholz oder 10000 Stück **) lufttrocknen Torf und brennt die Waare in nur $2\frac{1}{2}$ bis 3 Tagen.

Bei einem geschlossenen Ofen auf der Hellmann'schen Ziegelei bei Hannover, der aber von viel größerem Umfange ist, haben sich folgende Ergebnisse herausgestellt. Der Arbeitsraum ist an den Seitenwänden 8', unter dem Gewölbescheitel 12' 8" hoch und seine Länge 20' 4", so daß er 24000 Stück Ziegel faßt. Um diese gahr zu brennen, bedarf man, je nach der Güte der Kohlen, ziemlich verschiedene Mengen Steinkohlen, die sich im Durchschnitt auf 260 Etr. berechnen. Dieser Ofen wird nicht von einer, sondern von beiden schmalen Seiten zugleich und zwar durch je 4 Roste und Heizlöcher geschürt. Die Roste stoßen übrigens in der Mitte zusammen, d. h. die Feuerungen gehen von einer schmalen Seite des Ofens durch und durch, nach der andern; es sind also vier solcher durchgehender Feuerungen neben einander vorhanden, die zu beiden Seiten ausmünden. Dadurch hat diese Einrichtung den Vortheil einer besser vertheilten und gleichförmigeren Heizung mit dem

Fig. 238.



offenen Ziegelöfen, Fig. 238, gemein, welcher für Holzfeuerung eingerichtet ist. Die Abbildung ist ein Durchschnitt durch die schmale Seite nach der Richtung der Feuerungen, deren drei neben einander liegen; A, A ist die mittlere davon. Diese Feuergrube ist ohne Rost und oben mit einer Reihe Gurtbögen a, a, a überwölbt, die folglich eine durchbrochene Decke bilden (s. Fig.), die Vertheilung der Flamme bewirken und dieselbe in den Brennraum

*) 1 Klastern = 144 E.-F.

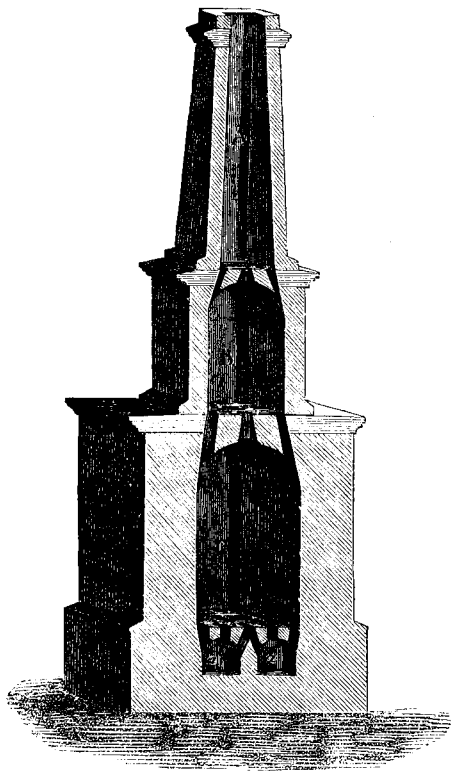
**) Giebt, zu 20 Loth 1 Stück, 62 Etr. Torf.

Offene Defen. einlassen. Dieser ist ein längliches Viereck *MM*, oben offen und ohne Decke; die Abbildung giebt die schmale Seite, die andere ist um $\frac{1}{3}$ größer. Die Steine werden so auf die Bögen *a*, *a* auf die hohe Kante aufgestellt, daß sich die Steine der verschiedenen Schichten einander kreuzen, und so weit aus einander gerückt, daß die Flamme ungehinderten Durchgang findet. Bei diesen offenen Defen ist man im Allgemeinen der Gefahr ausgesetzt, zuviel Wärme zu verlieren; indessen wird dieser Fehler dadurch einigermaßen ausgeglichen, daß man über die Höhe des Ofens hinaus die Beschickung so hoch aufschichten kann (wie in der Abbildung), bis sie der Wirkungshöhe der Flamme entspricht. In der Praxis sieht man aber darum so gern über diesen Wärmeverlust weg, weil man in diesen Defen (eben weil sie offen sind) durch das viel bequemere und folglich mit geringeren Kosten verknüpfte Einsetzen und Ausziehen leicht mehr gewinnt. In dem großen offenen Ofen auf der Eisenhütte zu Schussenried in Württemberg (der Brennraum ist 28' lang, 18' breit und 14,5' hoch) hat sich die Leistung so herausgestellt, daß man während des drei- bis viertägigen Brandes einen Einsatz von 45 — 46000 Backsteinen mit 60000 Stück Torf gahrbrennt, welche 900 bis 1000 Ctr. wiegen und 24 bis 30 Klaftern Tannenholz entsprechen.

Um die Wärme besser zusammenzuhalten, pflegt man den Einsatz während des Feuerens oben mit einer Lage Ziegelabfälle und diese wieder während des Verköhlens mit feuchtem Sande zu bedecken.

Noch viel größer sind die offenen Defen der Holländer; Heren beschreibt einen solchen von 51 Fuß Weite, 110 Fuß Länge und 25 Fuß Höhe im Lichten, so daß darin 56 Schichten Steine auf einander zu stehen kommen. Er faßt über 3 Millionen Steine, welche in 36 Tagen durch die Flammen von 10 Heizöffnungen von beiden Seiten gahrbrennt werden, wobei etwa 1 Million Stück Torf darauf gehen. Die Feuerungen sind nur offene Gräben oder Gassen, nicht überwölbt (ein sehr gewöhnlicher Fall), indem man mit der untersten Schicht zu brennender Steine die Feuergasse von oben zusetzt. Die unterste Schicht steht etwas gesperrt, die obere dicht, aber so, daß parallele Klüfte bleiben zur Circulation der Flamme. — Wie man sieht, liegt hier die Feuerung nicht neben, sondern unter dem Brennraume, so daß sich der offene Ofen an die stehenden geschlossenen Defen anreihet, von denen der in Fig. 238 abgebildete von Bihl in Waiblingen ein gutes Beispiel giebt. Er hat in ganz ähnlicher Weise zwei, wie der obige 3 Feuerungen hat; dagegen liegen zwischen diesen und der Esse *A* (die bei den offenen Defen ganz fehlt) zwei Arbeitsräume, ein unterer *C* zum Brennen und ein oberer *B* zum Trocknen der Waaren. Beide sind von rechteckigem Querschnitte. Die Arbeitsräume und Esse sind mittelst durchbrochener Gewölbe von einander getrennt, von denen das unterste *a* über den Feuerungen 25, das nächst obere (zwischen Brenn- und Trockenraum) und endlich das oberste (zwischen diesem und der Esse) beide 13 Öffnungen zum Durchlaß der Flamme haben. Brenn-, Trockenraum und Esse sind mit besonderen Zugängen zum Einsetzen und Reinigen versehen. Das Brennmaterial liegt nicht nur unter dem Hauptofen *C*, sondern zugleich vor demselben in einer Verlängerung der Feuerkanäle *a*, *a*, worin die Roste

Fig. 239.



angebracht sind. Der Bihl'sche Ofen ist weniger für gemeine Ziegel, sondern mehr für feinere Waaren, wie Thonplatten, Thonröhren (S. 574) zu empfehlen.

Stehende
Ofen,
geschlossene.

In einem ähnlichen Ofen (bei Friedberg Gr. Hessen) bedarf man zum Brennen von 600 Dachziegeln, 1500 Backsteinen (und 30 Maltern Kalk) 130 Centner erdige, mulmige Braunkohle von Bauernheim, die daselbst in Klöße geformt wird.

Der Feldbrand verdankt seine Entstehung der Nothwendigkeit, an Orten Steine zu brennen, deren Entfernung von Ziegeleien den Transport zu sehr vertheuert, und wo die Umstände dessenungeachtet nicht solche waren, um einen stehenden Ofen zu lohnen. Wegen ihrer Einfachheit ist übrigens diese Methode des Feldbrandes in einigen Ländern die herrschende geworden, so in Belgien und England. Sie besteht darin, daß man die zu brennenden Steine auf einen ebenen

Die Feld-
brennerei.

Platz in der Weise aufsetzt und schichtet, daß sie selbst alle nöthigen Feuer-gassen, Zugkanäle und Zwischenräume enthält, welche nöthig sind, um den Brennstoff zu bergen und daraus die gehörige Flamme zu entwickeln. Man setzt also die Steine in ganz ähnlicher Weise über einander, wie in den Ofen, und es entstehen dadurch improvisirte Ofen, die man bei der Verkohlungs, Meiler nennt. Es bleibt nun noch übrig, diese Meiler, die stets im Freien errichtet werden, gegen den offenen Zutritt der Luft zu schützen, die dem Feuer unfehlbar eine einseitige Richtung geben, dasselbe bei lebhafterem Winde zu einer verderblichen Gluth anfachen und mit einem Worte jede Leitung abschneiden würde. Man bedeckt also diese, bis zu 500000 und mehr Steine haltenden Meiler, äußerlich mit einer Schicht Lehm und noch außerdem von der Windseite mit beweglichen Horden von Stroh oder dergleichen. Ein Meiler, der 28 Schichten Steine über einander enthält, erfordert zum Segen 8—10 Tage.

Wenn man mit Torf, Braunkohle oder Holz feuert, so ist der Gang des Brandes dem Brande im Ofen völlig entsprechend, d. h. der Brennstoff liegt in den Feuer-gassen der untersten Region, während die Flamme nach oben bringt durch die Circulationen und in der Decke ihren Ausweg findet. Brennt

Die Feld-
brennerei.

man dagegen Steinkohle, die ein dichtes und leicht zu zerkleinerndes Brennmaterial ist, so hat man zwar auch Feuerheerde im Fuße des Meilers, streut aber auch Kohlenklein zwischen die Steinkohlen lagenweise ein, so daß sich nicht nur die Hitze, sondern auch die Verbrennung durch die Meiler hindurch fortpflanzt. Man sollte denken, daß in Folge der anfänglichen Ausdehnung, die ein solcher Meiler erfährt, der nachher eintretenden Schwundung, dem Verzehrtwerden der Kohle, worauf die einzelnen Schichten ruhen, u. s. f. eine den Einsturz drohende Erschütterung erfolgen müßte. Dem ist aber, bei umsichtigem Aufbau, nicht so, obgleich der Umfang des Meilers wirklich sehr bedeutend einsinkt. Natürlich kostet das Aufsetzen und der Brand der Meiler, bei dem ungeheuren Umfange derselben (der Brand dauert je nach dem Umfange 20, 30 bis 50 Tage) ungleich mehr Zeit als dieselbe Verrichtung in Defen. In England ist der Abgang bei den Meilern (dort clamps genannt), durch Bruch, Sauen u. 10 Procent).

Wenn man sich vergegenwärtigt, wie leicht schmelzbar der gewöhnliche Ziegelthon fast durchgängig ist und wie bei diesem Thon die Temperatur des Gahrens dem Schmelzpunkte ungleich näher liegt als bei jedem andern Material für Thonwaaren; wenn man ferner in Betracht zieht, was bereits oben von der Ungleichheit der Temperatur in den verschiedenen Brenneinrichtungen gesagt worden; so kann es nicht befremden, daß man noch bei jedem Brande ohne Ausnahme eine sehr verschiedene Einwirkung der Hitze auf die Steine eines und desselben Einsages beobachtet, je nach der Stelle, die sie einnehmen. Diejenigen, die der Feuerung nahe sitzen und von der Hitze in ihrer vollen Kraft getroffen werden, sind meist schlackenartig zu Sauen zusammengeschmolzen und kommen unter den Abgang. Der Schaden ist um so größer, weil diese Sauen, so wie die unterste Lage der zunächst liegenden Steine — die schon deutliche Schmelzung, glasige Oberfläche und blasige Masse zeigen — auf die Ofensole und gegen einander festgebacken, mit Brechstangen losgebrochen werden müssen, was stets mit Beschädigung und Kosten für Arbeit verknüpft ist. Weiterhin kommen Steine mit oberflächlicher Schmelzung, gleichsam glasiert; dann eigentlich gahre Steine in verschiedenen Uebergängen zu denjenigen, die dem Feuer ganz fern lagen, oder die Außenschicht der Meiler und offenen Defen bildeten und unghr sind. Diese Uebergänge geben sich im Allgemeinen sehr gut durch Farbenverschiedenheit zu erkennen, indem die glasierten oder geflossenen dunkel graubraun, die gahren mehr roth, die unghren dagegen gelbroth oder gelb erscheinen, was übrigens je nach der Reinheit des Thons abweichend ausfällt.

Es ist nun ein wichtiges Geschäft des Zieglers, den Einsatz eines Ofens beim Ziehen nach der Beschaffenheit zu sortiren, indem die Steine der einen Art besser diesem, die der andern Art besser jenem Zwecke entsprechen. So z. B. pflegt man oft hartgebrannte Steine an der Außenseite, schwächer gebrannte an der Innenseite zu verwenden. Je härter gebrannt, um so klingender und heller, je leiser gebrannt, um so dumpfer der Thon beim Anschlagen; hartgebrannte, am meisten glasierte Steine dauern länger im Wetter und Frost, als weichgebrannte. Steine mit glasiger Oberfläche sind schlecht geeignet für die Bindung mit Mörtel, der eine rauhe und poröse Oberfläche verlangt.

In Holland, wo es meistens an Bruchsteinen gänzlich fehlt, bilden solche Steine von glasiger, auf dem Bruch von Schmelzung zeugender Beschaffenheit ein höchwichtiges Material für den Straßenbau. Sie werden dort *Klinkerte* (von klingen) genannt, von jedem Brande ausgehalten und beim Pflastern auf die hohe Kante neben einander gereiht. Natürlich widerstehen sie unter diesen Umständen vermöge ihrer Dichte und Härte da, wo gewöhnliche Backsteine dem Frost und der Abnutzung bald unterliegen müssen.

Entweder erheischt der Zweck eine besondere Form, wie bei Gewölben, runden Kaminen u., oder die Mauerziegel bilden die bekannten Rechtecke für die gewöhnlicheren Zwecke; im letzten Falle fragt sich, welches die besten Verhältnisse sind. Beim Mauern ist es aber eine große Bequemlichkeit, wenn die Dicke in der Breite und Länge gerade aufgeht, d. h. wenn so viel Steine flach auf einander gelegt, gerade eine Breite, so viel eine Länge bilden; oder wenn ein gleiches mit den Breiten der Fall ist. Gewöhnlich ist die Breite gleich der doppelten Dicke, die Länge gleich zwei Breiten. Nur unter solchen Verhältnissen ist es möglich, einer Mauer gehörige Festigkeit durch das sogenannte »*Verband-*

Form.

Fig. 240.



halten« zu geben. Man versteht darunter ein Aufmauern in der Art, daß die senkrechten Fugen nicht in eine Linie fallen, sondern, wie in Fig. 240, verschoben angelegt werden. Natürlich muß alsdann bei den Dimensionen des Steins von vorn herein die Dicke der Mörtelschicht in Abzug gebracht werden, wenn einige Regelmäßigkeit eintreten soll.

Es liegt auf der Hand, daß die Dachziegel ganz anderen Anforderungen Genüge leisten müssen, als die Mauerziegel; indem jene zwar keinen Druck, aber den vollen Einfluß der Witterung aushalten, dabei sich hinreichend dicht fügen müssen, ohne Wasser durchzulassen und zugleich das Dachwerk so wenig als möglich belasten dürfen.

Die Leichtigkeit der Ziegelbedachung hängt aber theils von der passenden Gestalt der Ziegel, theils von dem Gewichte der Ziegel selbst ab. — Sind nun Ziegel von geringer Eigenschwere, so sind sie auch porös und somit zerbrechlicher und leichter durch den Frost zerstörbar. Es ist demnach viel zweckmäßiger, die Leichtigkeit der Ziegel dadurch zu erzielen, daß man ihnen mehr Festigkeit giebt, und sie folglich dünner streichen kann. Die Festigkeit hängt davon ab, daß sich die Thontheilchen recht innig berühren; Steine mit weiten Poren, bei denen die Thontheilchen nicht so vielfach sich berühren, sind leicht zerbrechlich. Will man diesen Zweck durch Schmelzung erreichen, so setzt man sich der Gefahr der Verbiegung und einer größeren Sprödigkeit aus. Bei gewöhnlichen Ziegeln kommt nun die große Porosität von der Menge Wasser her, die man zum Formen nöthig hat und nachher wieder durch Trocknen entfernen muß. Weniger feuchter Thon läßt sich aber nicht aus der Hand bearbeiten. Diese Betrachtungen sind es, welche das Pressen der Ziegel hervorgerufen haben. Man begreift darunter ein Formen der Steine mit einem Thone, der so trocken verarbeitet wird, daß er nur durch die Gewalt des Maschinendruckes Bindung in der Form erhält. Es werden also ungleich dichtere Steine erzeugt, theils

Press-
ziegel.

Preßziegel. wegen Abwesenheit eines Uebermaßes von Wasser, theils durch die Pressung an sich. Eine solche Ziegelpresse ist u. a. von Henschel eingeführt und empfohlen worden. Ihre Handhabung ist natürlich umständlicher, als die Handformerei, so daß nur etwa 600 Stück Dachziegel per Tag geformt werden können. Dagegen erspart man bedeutend an Trockenzeit und Trockenraum, denn die Ziegel kommen unverbiegbar aus der Form und können sogleich übereinander aufgesetzt werden. Was man an größerer Leichtigkeit des Daches gewinnt, besonders wenn die Ziegel zugleich von entsprechenderer Form sind, lehrt folgender vom Mainzer Gewerbe-Verein angestellter Vergleich *):

1 Quadr.-Rist. Bedachung	kostet	und erfordert	welche wiegen	Unterschied
von Henschel's Ziegeln	4 fl. 15	96 Stück	576 Pfd.	249 Pfd.
von gewöhnlichen Ziegeln	5 fl. 40	300 "	825 "	

Gepreßte, sowie glasirte Ziegel sind schon aus dem Grunde viel dauerhafter, weil Moos und dergl. Vegetabilien, die mit die Hauptzerstörer sind, viel schwieriger Wurzel fassen, als auf der lockeren Oberfläche der gewöhnlichen Ziegel.

In ähnlicher Weise hat man in Wien Vergleiche über die mit E. L. Müller's Maschine gepreßten Mauerziegel angestellt, wobei es sich aber nicht um Leichtigkeit, sondern allein um die Festigkeit handelt. Die Steine wurden auf zwei 7" entfernte Schneiden gelegt und genau in der Mitte, an einer dritten Schneide, mit Gewichten belastet. Man fand, daß:

Müller'sche gepreßte Ziegel bei einer Belastung v. 2240 Pfd. (Mittel a. 24 Proben)
Gewöhnliche " " " " " 1350 " (" " 48 ")
brachen.

Glasirte
Ziegel.

Ein eigentliches Glasiren der Ziegel, d. h. ein besonderer Glasurüberzug, wie er in Holland gebräuchlich ist, ist keine bloße Verzierung, sondern zugleich ein Schutz gegen den schädlichen Einfluß des Wetters, aber doch kostspielig. Die Glasur ist wie bei der Töpferglasur Mennige, mit Braunstein oder Kupferoryd gefärbt. Auch macht man gelbe mit Schwefelantimon. Das Auftragen geschieht entweder durch Bestäuben, oder Eintauchen der lufttrocknen Waaren. Auch in Frankreich, z. B. zu Dijon, Rheims, glasirt man.

Farbe der
Ziegel.

Die natürliche Farbe der unglasirten Mauer- und Dachziegel hängt stets mit dem Eisengehalte des Thones zusammen: entweder findet das Eisen Gelegenheit, sich höher zu rothem Oryd zu oxydiren; oder es fehlt dazu an Hitze, um die rothe Farbe gehörig zu entwickeln; oder endlich es findet eine theilweise Reduction (zu Drydul-Dryd) Statt, wodurch die Steine eisengrauschwarz erscheinen. In Holland z. B. pflegt man nach eingetretener Gahre, wenn die Steine noch

*) Die gebrauchten gewöhnlichen Ziegel wogen $2\frac{3}{4}$ Pfund, die viel größeren Henschel'schen 6 Pfund per Stück.

völlig glühend sind, auf die Torfgluth frisches Erlenreisig mit Laub zc. aufzulegen. Es entwickelt sich eine rußige, kohlenreiche (Reductions-) Flamme, ein »Schmauchfeuer«, welches zum Theil durch Reduction von Eisenoryd, noch viel mehr aber durch Absatz von Kohlentheilen, jene dunkle Farbe hervorbringt.

Leichte, oder schwimmende Ziegel.

Bei einer gewissen Beschaffenheit des Materials erreichen die gebrannten Beschaffenheit. Steine eine Porosität und dadurch eine Leichtigkeit, welche die des Wassers bei gleichem Umfange bei weitem übertrifft. Bekanntlich ist die Kieselerde, so wie sie aus der Zersetzung von Silicaten hervorgeht, von ausgezeichneter Lockerheit und Leichtigkeit, Eigenschaften, die sie bei ihrer Unschmelzbarkeit in der Weißglühhitze beibehält. Wenn eine Erde demnach sehr viel lockere Kieselerde enthält, so lassen sich daraus Steine von ähnlicher Beschaffenheit erzielen, wenn man etwas Bindemittel (z. B. gewöhnlichen Thon) zusetzt, oder schon so viel darin vorhanden ist, um formen zu können. Steine der Art haben mit der großen Leichtigkeit auch noch die Unschmelzbarkeit und wegen einer Menge eingeschlossener Luft die Eigenschaft gemein, daß sie unglaublich schlechte Wärmeleiter sind. Wo es also auf einen der drei Punkte: die Leichtigkeit (Gewölbesteine), Sicherheit gegen Feuer (Archive zc.) oder Feuerbeständigkeit ankommt, können solche Steine ein sehr schätzbares Baumaterial werden. Schon Posidonius und nachher Strabo berichten von künstlichen schwimmenden Steinen aus einer Erde, die sich in Spanien, auf einer der Inseln des tyrrhenischen Meeres und a. a. Orten vorfände. Vitruv Pollio hat sie zum Bauen, ebenso Plinius wegen ihrer Nützlichkeit empfohlen. Dieser ganz in Vergessenheit gerathene Gegenstand wurde 1791 von Giovanni Fabroni wieder angeregt, welchem es gelang, aus einer Erde, die sich bei Santafiora in Toscana vorfindet, schwimmende Steine zu machen. Die Erde, eine Art Bergmehl, bestand aus ungefähr 65 Procent Kieselerde, 17 Bitter-, 14 Thon- und 4 Kalkerde. Die Steine schwammen auf Wasser, waren darin unaufschwemmbar, ließen sich mit Mörtel gut binden, und waren so schlechte Wärmeleiter, daß man ein Ende in der Hand halten konnte, während das andere rothglühend war. Bei einem Versuche umgab Fabroni die Pulverkammer eines Fahrzeuges mit solchen Steinen und hatte den Erfolg, das Schiff abbrennen und versinken zu sehen, ohne daß das Pulver zur Explosion kam. Zur selben Zeit machten Faujas, 1832 aber der Graf Fr. de Montes und Fournet von Lyon auf eine ähnliche Erde in Frankreich (bei Ceyssat, in der Nähe von Clermont, bei Raudanne in der Auvergne zc.) aufmerksam, welche Steine ganz gleicher Beschaffenheit liefern. Die Erde, die Fournet beschrieben hat, war weißgelblich, weich wie Kreide, äußerst fein, zerging aber im Wasser nicht und konnte nur mit $\frac{1}{20}$ Thon verarbeitet werden. Sie besteht nach Abzug des Glühverlustes (Feuchtigkeit, organische Substanz, Kohlensäure) aus 87 Procent Kieselerde und 3 Thonerde und Eisenoryd.

Schon den Alten bekannt.

Die mikroskopischen Untersuchungen, welche Ehrenberg in Berlin neuerdings über diese Erden (besonders die von Ceyssat, Santafiora und Zante) Berliner Infusorien-erde.

angestellt hat, führten auf die merkwürdige Entdeckung, daß sie nichts weiter sind, als Anhäufungen, oder Bänke von den mikroskopisch kleinen, aus Kiesel-erde bestehenden Panzern, womit gewisse Infusionsthierie bekleidet sind. Dadurch schloß Ehrenberg, daß der unter Berlin liegende Infusorienthon ebenfalls zu solchen Steinen geeignet sei, und der Erfolg entsprach allen Erwartungen. Das Lager dieses Thones am Spreenufer ist ungeheuer ausgedehnt und stellenweise 100 Fuß mächtig. Dieser uneigentliche Thon besteht aus Kieselpanzern, deren Größe etwa den neunten Theil vom Durchmesser eines Menschenhaares betragen, sieht im frischen Zustand mehr trocken, perlgrau oder weiß aus. Ein Cubikfuß wiegt im rohen Zustande 61 Pfund, geschlämmt und getrocknet nur 25 Pfund 14 Loth. Steine daraus wiegen nur $\frac{1}{4}$ so viel als gleich große Thonsteine. Folgendes sind die Beobachtungen über die Steine aus Infusorienthon von Berlin, auf verschiedene Weise bearbeitet. Steine von 10" lang, $4\frac{5}{6}$ " breit und $2\frac{1}{2}$ " dick, also von 120 C.=3. Inhalt (ein gleiches Volum Wasser würde $3\frac{3}{4}$ Pfund wiegen) zeigten:

Gewicht.

wenn gestrichen von		folgenden Zustand	und wogen	Schwin- dung.
im Tie- gel	geschlämmt Inf.-Thon, schwach gepreßt	mit dem Messer schneidbar	weich, porös, röthlich	1 Pfd. 22 Lth. —
	rohem Inf.-Thon, ungereinigt, schwach gepreßt		porös, saugend, Härte c. schlechten Mauersteines	3 " — " —
	Inf.-Thon mit 5 Proc. Thon .		ditto ditto	3 " 10 " —
	" " " 10 " "		härter	4 " — " —
im Por- zellan- feuer	rohem Inf.-Thon, ungereinigt	klingend, saugen 1 Pfd. Wasser ein	wie vorher	$\frac{1}{20}$
	Inf.-Thon mit 5 Proc. Thon " " " 10 " "			

Dieselben Steine, 6 Stunden lang weißgeglüht, schwanden noch mehr (um $\frac{3}{40}$), erschienen gußeisenartig von Farbe und gaben Funken am Stahl. Die mit 10 Procent Thon sind für den Museumbau in Berlin gebraucht worden.

Die Infusorienerde ist statt Sand ein vortrefflicher Cement zu Thon.

Feuerfeste Thonwaaren.

Sie sind entweder Gefäße zum Schmelzen, Ziegel, oder Mauerziegel zum Auskleiden von Schmelz- und Glühöfen, feuerfeste Steine.

Begriff von „feuerfest.“ Man würde einen großen Fehler begehen, wenn man, so lange von technischen Dingen die Rede ist, den Begriff »feuerfest« mit dem zusammenwerfen wollte, was man in der Wissenschaft unschmelzbar zu nennen pflegt. Im Gegentheil ist dieser Begriff schlechterdings beziehungsweise zu nehmen und unter feuerfest stets die Unschmelzbarkeit in demjenigen Hitzgrade zu verstehen, welcher dem jedesmaligen Zwecke entspricht. Es kann also ein Ziegel recht gut in einem Kalkofen sich feuerfest verhalten, während an ein Stehen desselben Ziegels

im Porzellanfeuer nicht mehr zu denken ist, und Massen, die gegen alle Temperaturen, wie sie im Bereiche des Gewerbwesens vorkommen, vollkommen Stand halten, schmelzen und verdampfen nicht selten in den Flammen des Knallgasgebläses, oder zwischen den Polen eines galvanischen Stromes. So ist es z. B. gelungen, reine Kiesel Erde in jener Flamme wie Glas zu schmelzen und in Fäden zu ziehen. Das Gelingen hüttenmännischer und gewerblicher Feuerprocesse, sowie der ökonomische Vortheil dabei, ist um so inniger mit der Feuerfestigkeit des Materials zum Baue und den Geräthschaften verknüpft, daß die einschlagenden Verhältnisse nothwendig eine allgemeine Erörterung verdienen.

Die Schmelzbarkeit eines Materials hängt ganz allein von seiner chemischen Natur, und zwar ebensowohl von der Elementarmischung, als von der Constitution ab. Dies heißt mit anderen Worten: bei der Schmelzbarkeit kommt es nicht nur darauf an, welche Elemente und in welchem Gewichtsverhältnisse sie bei der Bildung des betreffenden Materials theilhaftig, sondern auch sehr viel darauf an, nach welcher Anordnung sie miteinander verbunden sind. Diese Frage ist bereits S. 509 u. 535 für die Porzellanmasse weitläufiger erörtert worden; ebenso enthält die Einleitung zu dem Abschnitte »Glas« die Bedingungen der Schmelzbarkeit oder Leichtflüssigkeit der Kieselverbindungen, welchen auch in diesem Falle vollkommene Geltung eingeräumt werden muß. Es erhellt daraus, daß die Leichtschmelzbarkeit einestheils von der Natur der Basen (Alkalien, Erden und Schwer-Metalloryde), andertheils aber und in höherem Grade, von dem Verhältnisse ihres Gewichtes zu dem der Kiesel Erde abhängt. Die Thone enthalten nun diejenige Base als Hauptbestandtheil, nämlich die Thonerde, die mit der Kiesel Erde am schwierigsten zusammenschmilzt, und werden sich um so strengflüssiger verhalten, je weniger sie mit anderen Basen, Alkalien, Eisenoryd, Kalk, Bittererde gemengt sind, und zwar nach der hier aufgeführten Ordnung. Bei den reinen oder fast reinen Thonarten, die sich den meisten technischen Hitzgraden gegenüber schon feuerfest oder nahe so verhalten, wird sich die Strengflüssigkeit endlich noch in dem Grade steigern, als ihr Kiesel Erdgehalt wächst, und wird ihren Höhepunkt bei denjenigen Mineralsubstanzen erreichen, die bei aller Aehnlichkeit im Uebrigen, doch durch ihren hohen Kiesel Erdgehalt ganz aus der Reihe der Thone heraustreten, wie die Infusorienerde z. B.

Aus dem folgenden Vergleiche, um ein Beispiel aus der Erfahrung zu entnehmen, ersieht man hinreichend, warum der darin angeführte Thon in einem Glasofen unmöglich feuerfest sein kann, denn:

es enthält	Kiesel Erde	Thonerde	Bittererde	Kalk	Eisenoryd	Kali
Thon von der Insel Bourbon	100	34,1	0,2	2,2	66,2	Spur
Ein französisches Flaschenglas	100	30,7	—	61,6	13,4	13,4

Wenn es sich also um feuerfeste Materialien handelt, so kann die Untersuchung des chemischen Bestandes, wenn auch die Erfahrung nicht ersetzen, doch

Bedingung
der Feuer-
festigkeit.

sehr wichtige Fingerzeige liefern, um so mehr, da die Thone für sich beinahe niemals den Anforderungen entsprechen, sondern erst durch passende Zusätze die wahre Beschaffenheit erhalten. Aber bei der Wahl solcher Zusätze kann der Techniker für's Erste nicht besser, als durch chemische Analyse geleitet werden. Solche Zusätze sind darum unerlässlich, weil feuerfeste Thone im Feuer nicht allein nicht schmelzen, sondern auch nicht reißen und springen sollen. Besonders bei Tiegeln eine hochwichtige Rücksicht. Man muß also die vornehmste Ursache des Reißens, nämlich die Schwindung, durch Zusatz solcher Substanzen verringern, die selbst nicht schwinden, aber auch auf der anderen Seite den chemischen Bestand nicht wieder der Schmelzbarkeit näher rücken. — Reiner Sand (frei von Kalk und Eisen), sowie gebrannter und zerkleinerter feuerfester Thon sind die gebräuchlichsten und zweckmäßigsten.

Hessische,

Alles bis jetzt Angegebene bezieht sich ausdrücklich nur auf den Fall, wo das feuerfeste Geräthe für sich einer hohen Hitze ausgesetzt ist; ganz anders aber ist das Verhältniß, wenn feuerfeste Thone mit Stoffen in Berührung sind, die in einer chemischen Wechselwirkung damit stehen, gleichsam aufschließend und als Flussmittel wirken. Alsdann wird die Aufgabe schwieriger. — Die weltberühmten Schmelztiegel von Almerode in Hessen z. B. sind gegen das Reißen mit ihrem $\frac{1}{2}$ Gewichte grobem Quarzsand versetzt und an sich äußerst schwer schmelzbar; sobald aber darin Dinge erhitzt werden, die freie Basen, besonders Alkalien, enthalten, so ist die Schmelzbarkeit sehr gefährdet, weil diese Basen den Sand aufnehmen und schmelzbare Silicate bilden. Bleioryd, in einem solchen Ziegel geschmolzen, durchbohrt häufig den Boden. Es ist also in diesem Falle der Sand ein Zusatz, der, wenn er auch dazu beiträgt, daß diese Ziegel einen raschen Temperaturwechsel ertragen, doch offenbar deren Leichtflüssigkeit befördert. Unter solchen Umständen ist »Charmotte«, d. h. ein Zusatz von gemahlenen, feuerfesten Thonscherben vorzuziehen. Auch sehr dichte und schwer verbrennliche Kohle, wie Graphit und Koks werden angewendet und sind natürlich wegen ihrer chemischen Wirkungslosigkeit und wirklichen Unschmelzbarkeit trefflich; dabei hat der Graphit das Gute, daß er nie von gewöhnlichem Tiegelfeuer verzehrt wird. Die bekannten Passauer oder Spser Ziegel sind aus 1 Theile plastischem Thon von Schildorf bei Passau und 2 bis 3 Theilen eines unreinen Graphits der dortigen Gegend gemacht, der sich auf Nestern, Lagern und Gängen im Gneis findet. Dieser Graphit enthält 34 Procent Kohle, 41 Kiesel Erde, 15 Thonerde, 8 Eisenoxyd, 2 Bitterde und Wasser (Berthier). Vor der Anwendung wird derselbe gemahlen und gesiebt. Die Spser Ziegel können ohne Veränderung auf 1500° Wedgwood erhitzt werden, stehen gut gegen Temperaturwechsel und zeichnen sich durch einen Vortheil aus, der fast allen anderen Tiegeln fehlt, nämlich durch eine Glätte der graphithaltigen Oberfläche, die bei Metallschmelzen und Gießen, z. B. im Münzwesen, so geschätzt ist, weil sie möglich macht, das Metall rein und ohne Anhängen auszugießen. Dagegen sind die Spser Ziegel zu theuer, was ihrer Anwendung für solche Verrichtung entgegensteht, wo man das Schmelzgefäß jedesmal zerstören muß, oder wo es unbrauchbar wird. — Bei Tiegeln aus einem mit Koks versetzten Thon, oder bei Uebermaß von Cement (Charmotte) kann es sich

Passauer
Ziegel.

leicht ereignen, daß die Wände zu porös sind, und (abgesehen von allem chemischen Einflüsse) dünnflüssigen Inhalt durchlassen.

Im Allgemeinen werden übrigens Ziegel sehr bald unbrauchbar, und es ist eine bedeutende Leistung, wenn dieselben, wie z. B. die in der Berliner Eisengießerei, mehr als zwanzig Schmelzungen aushalten. Die chemische Einwirkung der zu bearbeitenden Stoffe auf die feuerfesten Geräthe tritt bei den feuerfesten Steinen sehr in den Hintergrund und beschränkt sich dann nur auf den Einfluß von Dämpfen (S. 406), Flugasche etc. Die berühmtesten feuerfesten Thone, welche die besten Ziegel und Steine liefern, sind in der nachstehenden Tafel mit dem Ergebnisse ihrer chemischen Zerlegung zusammengestellt:

Bestandtheile

Bei 100° getrocknet	Groß-Almerode		Beaufois Dep. der Ardenennen	Brierleyhill bei Stourbridge		Schier- dorf bei Passau
	Berthier	Salvetat	Berthier	Berthier	Salvetat	Salvetat
Hygrometr.-Wasser	—	0,43	—	—	—	0,50
Gebundenes Wasser	15,2	14,00	19,0	10,3	17,34	16,50
Kieselerde . . .	46,5	47,50	52,0	63,7	45,25	45,79
Thonerde . . .	34,9	34,37	27,0	20,7	28,77	28,10
Eisenoxyd . . .	3,0	1,24	2,0	4,0	7,72	6,55
Kalk . . .	—	0,50	—	—	0,47	2,00
Bittererde . . .	—	1,00	—	—	—	—
Alkali . . .	—	Spur	—	—	—	—

der Thone,

Geräthe aus feuerfestem Thon müssen im Allgemeinen viel stärker gebrannt sein, um gleiche Festigkeit zu bekommen, wie von gewöhnlichem Thon, was zum Theil in der größeren Menge Cement liegt, die untergemengt werden muß. Bei Mauerziegeln ist es von besonderer Wichtigkeit, daß sie vor der Anwendung schon den ganzen Härtegrad besitzen und schon die ganze Schwindung erlitten haben. Bei den Ziegeln ist das Brennen nicht immer nothwendig; während die Passauer nur scharf getrocknet in den Handel kommen, sind die hessischen Schmelztiegel bei einer Temperatur gebrannt, die der des gemeinen Steinzeugs gleichkommt.

Die Ausmittlung der Elementarbestandtheile und ihrer Gewichts-Verhältnisse in mehreren Schmelztiegelmassen verdankt man Berthier. Er erhielt folgende Resultate:

Ursprung der Masse	Kieselerde	Thonerde	Eisenoxyd	Bittererde
Schmelztiegel von Groß-Almerode . . .	71	25	4	—
„ „ Paris (Beaufays) . . .	65	34	10	—
„ „ Savignies b. Beaufois . . .	72	19	4	—
„ zu Gußstahl, englische . . .	71	23	4	—
„ „ „ v. St. Etienne . . .	65	25	7	—
Glashafen von Remour . . .	67	32	1	—
„ „ Böhmen . . .	68	29	2	Spur

der Masse.

Thönerne
Gasretorten.

Neben den Glashäfen *) (vergl. 402) sind die thönerne Gas-Retorten gegenwärtig vielleicht die größten, aus Thon gefertigten, feuerfesten Arbeitsstücke. Als in mehrerer Rücksicht interessant mag die Verfertigung solcher Retorten, wie sie bei Cowen bei Newcastle am Tyne betrieben wird, hier erwähnt werden. In der dortigen Gegend finden sich 7 verschiedene, der Kohlenformation angehörige Thonsorten, woraus die Masse für die Retorten und die feuerfesten Steine bereitet wird; sie liegen unter der Kohle, mit welcher sie zugleich gewonnen werden, sehen braungrau aus und sind voll von Pflanzenresten. Dr. Richardson fand in:

Nro.	1	2	3	4	5	6	7
Kieselerde	51,10	47,55	48,55	51,11	71,28	83,29	69,25
Thonerde	31,35	29,50	30,25	30,40	17,75	8,10	17,90
Eisenoxyd	4,63	9,13	4,06	4,91	2,43	1,88	2,97
Kalk	1,46	1,34	1,66	1,76	2,30	2,99	1,30
Bittererde	1,54	0,71	1,91	Spur			
Wasser und organische Ma- terie (Glühverlust) . .	10,47	12,01	10,67	12,29	6,94	3,64	7,58

Während also die Kieselerde Nr. 6 sich zur Summe der Basen, wie 100 : 16 verhält, ist dasselbe bei Nr. 2 wie 100 : 85. Unter diesen so verschiedenen Thonen wählt man drei aus; die Verhältnisse, in denen das geschieht, enthalten das Fabrikgeheimniß. Sie werden unter stehenden Mühlsteinen gemahlen, gesiebt (in diesem Zustande waren die Proben der obigen Analysen) und mit gemahlenen Scherben derselben Thonmasse verfest. Schlämmen ist nicht gebräuchlich, folglich wird alles Größere, was sonst dadurch entfernt würde, mit unter den Steinen zerknirscht und bleibt unter den Thon gemengt. Ein anderer höchst wichtiger Zusatz sind die Sägespäne bis zu $\frac{1}{4}$ des Gewichtes. Die Gasretorten müssen nämlich in Folge des abwechselnden Füllens und Entleerens sehr jähe Temperaturwechsel aushalten und zugleich wegen gehöriger Haltbarkeit von 3" Wandstärke fein. Unter solchen Umständen und bei der gebrochenen Δ form der Retorten würde das Reißen unvermeidlich sein, wenn man der Masse nicht durch Sägespäne, die beim Brande vollkommen zerstört werden, eine hohe Porosität ertheilte. Kohlpulver thut ähnliche Dienste. Man hat nicht viel Gasverlust von dieser Porosität zu befürchten, da sich die Innenfläche der Retorte bald mit einer Schicht Gaskohle überzieht (S. 137).

Aus der Masse, die mit allen Zusätzen gleichförmig verarbeitet sein muß, formt man die Retorten, die über 7 Fuß lang und 2 Fuß hoch sind, entweder aus der Hand, durch allmäligen Aufbau der Thonwände nach Anweisung zweier Lehren von Holz, von denen eine die Dicke, die andere die äußere Gestalt vorschreibt; oder man preßt sie mit der Maschine Fig. 241, 242, 243.

Der eiserne Cylinder *a*, *a* kann durch die fest verschließbare Oeffnung *b* mit Masse gefüllt werden. Gegen die Bodenplatte *f* ist ein

*) Die Schmelzhäfen der Spiegelgießerei in Ravenhead in England sind mit der Haube 6 Fuß (= 5' rh.) hoch.

eiserner hohlgegoßener Kern *d* bei *e* befestigt, der an seinem vorderen Ende *c*, welches in das Mundstück *i* hineinragt, einen \cap förmigen Querschnitt hat, welches dem Lichten der Retorte entspricht. Wenn sich nun die bewegliche Platte *g g* von hinten gegen den Thon vorschiebt, so wird dieser zusammengepreßt und genöthigt, durch den Zwischenraum zwischen dem Mundstücke *i*

Thönene
Gasretorten.

Fig. 241.

Fig. 243.

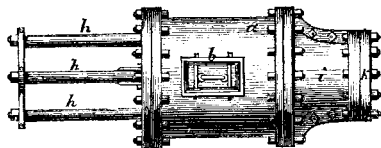
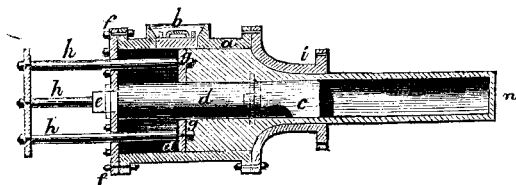


Fig. 242.



und Kernende *c*, also in der Gestalt der Retorte auszutreten. Das Vorschieben der Platte *g g* geschieht dadurch, daß man eine kräftige hydraulische Presse gegen die im Bodestücke *f* beweglichen Stäbe *h, h, h* wirken läßt. — Die Rückwand *n* der Retorte wird zugleich in derselben Maschine gebildet. Zu dem Ende schraubt man vor dem Beginne die Schlußplatte *k*, Fig. 241 u. 243, vor das Mundloch *i* und drückt den Thon mit der Presse fest an; dadurch entsteht jene Wand in dem Zwischenraume zwischen *c* und *k*; die Platte *k* wird alsdann abgeschoben und wie oben fortgeführt, bis die Retorte die gehörige Länge erreicht hat. Die entstehende Retorte wird natürlich wegen ihres kleineren Durchmessers viel rascher aus *i* hervortreten, als sich die Platte *g* vorwärts bewegt. Der Widerstand des Thons ist so ungeheuer, daß die Bewegung kaum sichtbar ist und Cylinder von 2 bis 3" Eisenstärke einigemal quer durchgerissen wurden.

Das Trocknen und Brennen muß so langsam wie möglich geschehen, wenn der Fehler des Springens beim Gebrauche nicht eintreten soll. Der Brand dauert 14 Tage lang und die gahren Retorten sind von hellgelber Farbe.

Will man eine andere Form, so kann man den Kern *c* gegen einen von der gewünschten Gestalt auswechseln.

In derselben Fabrik werden auch feuerfeste Steine verfertigt. Sie werden aus Handformen geformt, in gelind erwärmten Räumen getrocknet und in Defen gebrannt, welche auch für die Gasretorten dienen. Diese Defen sind viereckige, stehende, von der Gestalt eines geräumigen Zimmers, oben überwölbt. In der Vorderwand liegen drei Feuerungen neben einander; in der Hinterwand befindet sich die Esse, deren Mündung nahe über der Sohle liegt. So wie hierdurch die Hitze gezwungen werden kann, nach der Sohle hinzuwirken, so läßt sie sich auch nach Bedürfniß gegen die Decke hin, mittelst verschließbarer Zuglöcher vermehren, welche dort angebracht sind.

Feuerfeste
Steine.

Vierte Gruppe.

Vom Kalk, Mörtel, Gyps.

Bedeutung
des Kalkes.

Die Kalkerde (CaO) oder, genau genommen, vielmehr ihre Verbindung mit Wasser, das Kalkhydrat, der gelöschte Kalk ($\text{CaO}, \text{H}_2\text{O}$) ist ein Mittel, welches seiner Wohlfeilheit und kräftigen chemischen Wirksamkeit halber in einem ungeheuern Umfange im Gewerbwesen in Anspruch genommen wird.

Die überaus eingreifende Nützlichkeit dieses Stoffes beruht vornehmlich in zwei Punkten. Sie beruht zunächst darin, daß der Kalk für sich oder als Hydrat, eine sehr stark ausgesprochene Fähigkeit besitzt, sich mit Säuren und zahlreichen den Säuren ähnlichen Stoffen zu verbinden; eine Fähigkeit, die ihn unter die starken Salzbasen nach den Alkalien einreicht. Er ist, chemisch zu reden, ein wichtiges Agens, welches für den Gewerbsmann noch darum eine ausgezeichnete Wichtigkeit erhält, weil es — dies ist der zweite Punkt — leicht und allenthalben gewonnen werden kann. Die Kalksteine, im Wesentlichen kohlenaurer Kalk $= \text{CaO}, \text{CO}_2$ und als solcher eben das Material für die Kalkbrennerei, sind Glieder aller möglichen Gebirgsarten und machen einen beträchtlichen Theil der Erdrinde aus.

Der kohlensaure Kalk hat nämlich die Eigenthümlichkeit, seine Kohlensäure schon bei mäßiger Glühhize abzugeben und dadurch zu CaO , d. h. zu Aetzkalk oder gebranntem Kalk zu werden, welcher seinerseits bei der bloßen Berührung mit Wasser, dieses unter Zerfallen, d. h. indem er sich in ein höchst feines Pulver zertheilt, zu $\text{CaO}, \text{H}_2\text{O}$, aufnimmt (mit der Aufnahme von Wasser geht aber bekanntlich die ägende Eigenschaft des Kalkes nicht verloren, sondern wird im Gegentheil erst recht entwickelt). Die technische Bedeutung des gebrannten Kalkes ist also die einer sehr starken Basis, welche leicht und überall, also wohlfeil erhalten werden kann und sich von selbst durch Begießen mit Wasser in denjenigen Zustand der Zertheilung begiebt, ohne welchen ihre Anwendung mit den größten Unbequemlichkeiten verknüpft sein würde. Die Pulverform des gelöschten Kalkes ist um deswillen noch wesentlicher, weil das Kalkhydrat in Wasser nur sehr unbedeutend löslich ist (was ihn gegen die Alkalien zu seinem Nachtheil charakterisirt, denen er sonst an chemischer Wirksamkeit gewach-

sen ist). Es sind mithin nur Lösungen des Kalkes möglich, von einer so großen Verdünnung und Schwäche, daß sie, für die meisten Zwecke unfähig, die Anwendung des Kalkes in Substanz und somit seine Zertheilung erheischen.

Diese allgemein aufgefaßte Bedeutung des Kalkes läßt sich leicht durch Beispiele der Praxis belegen. Dem Hüttenmanne also ist der Kalk die Basis, um daran die Kiesel Erde zum Behuf der Schlackenbildung zu binden; der Stearinfabrikant macht von den basischen Eigenschaften des Kalkes Gebrauch, um die fetten Säuren aus den Fetten zu scheiden; der Sodafabrikant zerlegt das Schwefelnatrium, der Seifensieder das kohlensaure Natron der Lauge durch ein stärkeres Agens, den Kalk; es ist die Eigenschaft der gewöhnlichen Basen, das Chlor aufzusaugen und zu binden, welche den Kalk zum Bleichkalk dienlich macht u. s. f.

Im Laufe der vorhergehenden Abschnitte sind zahlreiche Anwendungen des Kalkes berührt worden; die späteren Abschnitte werden auf ebenso viel andere führen. In dem vorliegenden Abschnitte soll darum nur diejenige technische Benutzung des Kalkes eine Stelle finden, worin derselbe nicht ein bloßes Nebenmittel, sondern das Wesentliche und Hauptstoff ist, also seine Anwendung im Bauwesen, zu Mör tel. Man begreift darunter aus Kalk und passenden Zusätzen gemischte Massen, welche, vermöge ihrer Fähigkeit zu Stein zu erhärten, zu versteinern, als Kitt zum Zusammenfügen von Mauersteinen dienen. Jene Steinbildung, oder Erhärtung, geht theils durch den Einfluß der Luft vor sich und findet im Wasser nicht Statt, theils ist sie umgekehrt wesentlich an die Vermittelung des Wassers gebunden. In beiden Fällen liegen so verschiedene chemische Thätigkeiten zu Grunde, beide sind von so verschiedener Beschaffenheit des Materials abhängig und endlich von so ganz verschiedener Anwendung, daß sich der Gegenstand von selbst unter die beiden Gesichtspunkte:

der gewöhnliche (Luft-Kalk) mit dem Luftmörtel,

der hydraulische Kalk und Wassermörtel

unterordnet.

Anwen-
dung des
Kalkes.

Vom Luftkalle.

Es ergibt sich aus dem Angeführten von selbst und insofern das Vorkommen des ägenden Kalkes in der Natur unter die seltensten Erscheinungen gehört, daß man den Kalk in derjenigen Verbindungsweise aufzusuchen und zu technischen Zwecken vorzubereiten hat, welche sich am häufigsten und bequemsten darbieten. Diese ist nun (abgesehen von dem viel selteneren Gyps, wovon weiter unten die Rede sein wird) der kohlensaure Kalk, der in der Natur, wie oben bemerkt, den wesentlichen Bestandtheil der sogenannten Kalksteine ausmacht. Es lassen sich die Kalksteine nach ihren äußeren, mineralogischen Kennzeichen auf folgende Gattungen zurückführen:

Körniger Kalkstein, von einem deutlich krystallinischen Korn; verschiedene Marmorarten (parischer, cararischer) und besonders der Urkalk sind Arten davon. Der bei Auerbach in der Bergstraße, wie die meisten anderen, erscheint gangförmig, d. h. er erfüllt eine breite Spalte im Granit und zwar

Die Kalksteine. durch Eindringen von unten auf. Er enthält häufig Glimmer, auch Flussspath, Silicate etc.

Beschreibung.

Derber Kalkstein, von ebenso vielen Farbenvarietäten als der vorige, aber niemals so weiß. Wird in allen Flößformationen angetroffen und erhält, je nach seinem Alter, oder je nachdem er ein Glied der einen oder anderen Abtheilung dieser Formation bildet, die Namen: Uebergangskalk, Grauwackenkalk, Kohlenkalk, Bergkalk, Muschelkalk, Jurakalk, Liasalk, Süßwasserkalk etc.

Breccienartiger Kalk, d. h. ein aus Kalksteinstücken bestehender, die durch Kalksteinmasse aneinanderge kittet sind.

Mergelkalkstein, mehr oder weniger gleichartig mit Thon gemengt, von dichtem erdigen Bruch. Er gehört ebenso wenig wie der vorhergehende ausschließlich einem Gliede der geschichteten Gesteine an.

Rieselkalkstein, reich an Rieselerdegebilden, wie Quarz, Hornstein, Chalcedon, Opal etc. Ebenfalls dicht, oft reich an Höhlenräumen, grau oder gelblich weiß.

Stinkkalk, ausgezeichnet durch seinen Gehalt an Bitumen, der sich beim Anschlagen und Reiben durch einen eigenthümlichen Geruch zu erkennen giebt. Gewöhnlich dicht und Schichtung zeigend. Wo er als unzusammenhängende erdige Masse vorkommt, auch Asche genannt. Dunkelfarbig.

Kreide, dicht, erdig, abfärbend, selten anders als weiß. Ausgezeichnet als Muttergestein der Feuersteine (S. 548). Besonders an den Küsten des Canals von Calais und auf der Insel Rügen entwickelt. Gehört ausschließlich der nach ihr benannten Formation an.

Grobkalk, dicht, erdig, bis sandsteinartig, stark Quarzsand und Thon führend. Nur der sogenannten Molasseformation angehörig. Geschichtet.

Kalktuff, Ablagerungen von Kalk, der ziemlich frei von fremden Beimengungen ist; bildet sich noch jetzt. Meist ungeschichtet. Theils locker, porös, erdig; theils dicht, in dichten Kalkstein übergehend. Der Dufstein und Traverthin gehören hierher. Kalksinter heißt der Kalkstein von ganz ähnlichem Ursprung, wenn die Ablagerung krystallinische Theilchen (Kalkspath oder Arragonit) gebildet hat, die sich rindenartig übereinandergelagert haben, oft Säulen bilden (Tropfstein).

Dolomit, durch hohen Bittererdegehalt charakterisirt; meist von krystallinischem Korn, selten erdig und derb. Nicht deutlich geschichtet. Zuweilen bituminös.

Die Kennzeichen, welche mit der Bildung der Erdrinde in Beziehungen stehen, also die geologischen und geognostischen, führen zu meist ganz anderen Unterscheidungen, als die mineralogischen. Kalksteine, die nach ihren äußeren Kennzeichen oft kaum, oder nicht nachweisbar von einander abweichen, können dessungeachtet ganz verschiedenen Formationen und Altern angehören, und umgekehrt. Die Beurtheilung eines Kalksteines ausschließlich nach einer Richtung muß also nothwendig auf einseitige Kenntniß führen. Einen ebenso einseitigen und noch beschränkteren Gesichtspunkt für die Beurtheilung würde das bloße Studium des chemischen Bestandes abgeben. Wenn man dagegen bedenkt, daß sich aus dem Vorkommen, der Ausdehnung, den Lagerungsverhältnissen der

Kalke, besonders wenn sie gegen die übrige Beschaffenheit gehalten werden, <sup>Die Kalk-
steine.</sup> Rückschlüsse auf die Entstehung der Kalksteine machen lassen, so läßt sich leicht voraussagen, daß aus einer solchen Vergleichung sehr interessante Beziehungen zwischen der Bildungsweise der Kalke und ihrer mineralogischen und chemischen Natur hervorgehen müssen.

Manche Kalke, wie der Urkalk bei Auerbach, enthalten augenscheinlich Beweise dafür, daß sie sich als geschmolzene Masse flüssig bewegt haben. Solche Kalke müssen einen hohen Grad von Reinheit besitzen, weil sonst (wenn z. B. Thon u. als Gemengtheil vorhanden gewesen wäre) das Resultat der Schmelzung und Erstarrung sicher ein anderes hätte sein müssen, als ein Gewebe von Krystallen aus kohlensaurem Kalk.

Andere Kalksteine, die durch Niederschlag aus aufgelösten Kalksalzen entstanden sind, lassen eher eine Einnengung von fremden Theilen erwarten, die sich gleichzeitig chemisch oder mechanisch abgesetzt haben. So enthalten einige Bittererde, Eisen, Mangan gleichförmig durch ihre Masse, während andere quarzige oder thonige Theile theils ebenso, theils mehr schichtenweise, enthalten.

Wieder andere, und zwar eine lange Reihe von Kalksteinen, sind wesentlich durch Vermittlung der Thierwelt entstanden, wobei es sehr darauf ankommt, welche Stelle die Thiere in der allgemeinen Entwicklung einnehmen. So bauen noch jetzt die Korallenthier in gewissen Meeren und Breiten ganze Inseln aus den Kalkhüllen ihrer Körper, wie sie in der Vorzeit z. B. den Jura und andere Gebirge aufgebaut haben. — Dem gegenüber stehen die Kalke, die nur Anhäufungen abgestorbener Schaalthiere sind, wie der Muschelkalk (im engeren Sinne). Die Schalen jener Weichthiere sind mehr oder weniger an Masse überwiegend, durch Kalk erfüllt und zu einem dichten Gestein aneinandergefügt. Aber auch die Leiber jener Schaalthiere sind nicht spurlos verschwunden, denn das, was man den bituminösen Bestandtheil derselben nennt, ist in der Regel nur der Rückstand der zerstörten animalischen Organe, als thierische Substanz das Gestein durchdringend.

Von der Kreide endlich hat Ehrenberg gezeigt, daß sie, abgesehen von den größeren Versteinerungen, Belemniten u., nur aus kalkigen Polythalamien-Panzer mit geringeren Mengen von kieseligen Infusorien-Schaalen besteht. Es ist also durch die Lebensthätigkeit dieser mikroskopischen Thiere, der in dem Wasser, worin sie lebten, aufgelöste Kalk zur Bildung dieser Panzer und Hüllen verdichtet worden.

Während viele dieser Kalkbildungen aus dem Meerwasser entstanden sind, erscheinen andere entschieden als Ablagerungen aus süßem Wasser. Noch gegenwärtig entstehen in tausend Fällen Kalktuffe durch Quellen, welche durch ihren Kohlen säuregehalt unter größerem Druck Kalk auflösen und zu Tage unter dem gewöhnlichen Druck der Atmosphäre die Kohlen säure theilweise verlieren und den Kalk fallen lassen.

Was die chemischen Verschiedenheiten betrifft, so stehen diese also in einem gewissen Zusammenhange mit dem Ursprunge der Kalke und sind gleichzeitig in hohem Grade maßgebend für seine technische Brauchbarkeit und sein

Die Kalk-
feine.

Verhalten bei der Anwendung; um deswillen und zur besseren Orientirung des Lesers ist die Zusammensetzung der Repräsentanten dieser Verschiedenheiten und ihrer Uebergänge hier in einer Tafel übersichtlich gemacht.

Chemischer
Bestand.

Ursprung der Kasse	Kalkpath von Andreasberg	Grötkniger Kalkstein von Paris	Weißer kör- niger Kalkstein von Dreßbach	Kreide von Bouquival	Gelblich grauer Kalk bei Lyon	Süßwasser- kalk von Nischy	Muschelkalk von Hollenhagen
Analytiker	Groz- meyer	Berthier	Kersten	Laurent	Berthier	Berthier	R. Beau- des
Kohlensf. Kalk	99,54	98,5	96,30	95,50	94,0	87,2	83,83
» Bittererde	—	—	2,42	0,80	1,6	10,0	1,76
» Eisenorydul	—	—	0,72	0,80	—	—	—
» Manganorydul	—	—	0,40	—	—	—	—
Kieselerde	—	—	—	—	—	—	10,66
Thonerde	—	—	—	—	—	—	0,03
Eisenoryd	—	—	Spur	—	—	—	1,73
Manganoryd	0,36	1,5	—	1,70	3,9	2,8	0,06
Wasser	0,10	—	—	1,20	—	—	1,93
Organische Subst. (Bitumen)	—	—	—	—	—	—	—
Ordnungs-Nummer	1	2	3	4	5	6	7

Ursprung der Kasse	Süßwasser- kalk bei Paris	Dolomit von Liebenstein	Dolomit von Willebrauche	Dolomit von Spezzia	Dolomit von Scheidama	Dolomit vom Dep. der Nordogne
Analytiker	Berthier	Wacken- roder	Berthier	Laugier	Göbel	Wicat
Kohlensf. Kalk	74,5	63,87	60,9	55,36	53,50	50,6
» Bittererde	23,0	33,24	30,3	41,30	41,50	42,0
» Eisenorydul	—	0,91	3,0	2,00	1,50	—
» Manganorydul	—	0,07	6,0	—	—	—
Kieselerde	—	—	—	0,5	—	5,0
Thonerde	—	—	—	—	unlöslicher Rückstand)	2,0
Eisenoryd	1,2	—	—	—	—	0,4
Manganoryd	—	—	—	—	—	—
Wasser	—	—	—	—	—	—
Organ. Subst. (Bitumen)	—	1,05	—	—	(2,7	—
Ordnungs-Nummer	8	9	10	11	12	13

Die fremden Verbindungen, welche als stetige Begleiter des Kalkes auftreten, sind — wie sich auf den ersten Blick zu erkennen giebt — von zweierlei ganz verschiedener Natur. Es sind zunächst die Verbindungen der Kohlensäure mit Eisenorydul, Manganorydul und Bittererde, welche bekanntlich

isomorph *) mit der Kalkerde sind — eine Beziehung, welche jedenfalls eine tiefere Bedeutung für die Entstehung der Kalksteine hat. — Schon in dem Kalkspath, also in dem vollkommen krystallisirten Mineral, macht sich ein Gehalt an kohlensaurer Bittererde bemerklich, der von Spuren und wenigen Procenten bis auf gleiche Aequivalente steigt (wo dann das Mineral Bitterspath heißt) und durch mehrere Zwischenstufen hindurch sich annähernd bis zu dem Verhältnisse von $1 \text{ CaO}, \text{CO}_2 : 3 \text{ MgO}, \text{CO}_2$ erhebt. Dasselbe, was hier von dem Mineral gilt, gilt auch vom Kalkfelsen als Ganzes. Mit dem steigenden Bittererdegehalt gehen dieselben in die sogenannten Dolomite über und nehmen in demselben Grade ein verschiedenes Verhalten an. Während reiner gebrannter Kalk mit großer Kraft und Wärmeentwicklung Wasser anzieht und damit leicht einen zähen, unfühlbar zarten Taig bildet, während er, wie man sagt, sich fett verhält, sind die Magnesia führenden Kalke um so magerer und um so weniger higig, je mehr sie sich dem Dolomit nähern. — Das in den Kalksteinen so häufige Manganoryd und Eisenoryd mögen größtentheils durch die oxydirende Einwirkung der Luft auf die Drydulsalze dieser Metalle entstanden sein.

Einfluß der Bestandtheile.

Neben den kohlensauern Salzen sind die Kiesel Erde und Thonerde in den Kalksteinen von Interesse. Sie sind in den verschiedensten Verhältnissen, sehr häufig zu Thon verbunden, theils mit einem Magnesiagehalte gemeinschaftlich, theils allein vorhanden. Häufig ist die Kiesel Erde, niemals die Thonerde im Ueberschuß, so daß beide zusammen nach dem Auflösen in Säuren ungelöst zurückbleiben. Bei kleineren Mengen ist der Einfluß dieser Art von Beimengung unfühlbar oder verschwindend, wenn sie dagegen über 10 Procent betragen, so bedeutend, daß die Kalksteine sich alsdann nur äußerst langsam und träge lösen, ein anderes Verhalten gegen Wasser zeigen und deshalb eine ganz verschiedene Anwendung erfahren. Es wird davon weiter unten bei den hydraulischen Kalken die Rede sein.

Die bituminösen Theile und der Wassergehalt mancher Kalksteine sind für das Verhalten und für die Anwendung gleichgültig, da sie durch das Brennen zerstört oder entfernt werden. —

Zur Vervollständigung der obigen Analysen muß erwähnt werden, daß fast alle Kalke nach dem Brennen und Löschen an das Wasser schwefelsaures Kali und Chlorkalium (oder die entsprechenden Natriumverbindungen) abtreten. Diese Salze, vielleicht auch kiesel saure Alkalien, sind ohne Zweifel schon in den rohen Kalksteinen enthalten, deren Alkaligehalt theils wegen seiner Geringfügigkeit, theils darum von den Analytikern übersehen worden, weil man ihn nicht vermuthete, oder weil er als Kiesel Erde Verbindung mit dem Thone zurückblieb und nicht unterschieden wurde. — Die Gegenwart des Kali's in dem thonigen Bestandtheile ist von Fuchs, Kersten und Kuhlmann; Spuren von Phosphorsäure von Ersterem und Kaiser; endlich Spuren von Titansäure von Fuchs und Kersten nachgewiesen worden. — Das Kali ist, beiläufig bemerkt, eine der Hauptursachen der Fruchtbarkeit des Mergels.

*) D. i. in einem und demselben Krystalle die Stelle des kohlensauren Kalkes ohne Aenderung der Gestalt einnehmen können.

Kalkbren-
nen.
Chemischer
Vorgang.

Der kohlensaure Kalk wird bei der Temperatur der dunkeln Rothglühhitze noch nicht, aber bei der lebhaften Rothglühhitze vollständig in Kohlensäure und Kalk zerlegt. Die Temperatur der Zersetzung ist übrigens einigermaßen nach den Umständen verschieden, oder hängt vielmehr ganz und gar von der Leichtigkeit ab, mit der sich die Kohlensäure nach dem Austreiben entfernen kann. Sind die Kalksteine mit einer Atmosphäre von Kohlensäure bleibend umgeben, so wird die weitere Austreibung von Kohlensäure nach Faraday dadurch gehindert; umgekehrt wird die Austreibung der folgenden Antheile Kohlensäure beträchtlich erleichtert, wenn man für die rasche Entfernung des zuerst ausgetriebenen Antheils sorgt, so daß die Kalksteine stets in einer möglichst wenig von Kohlensäure gesättigten Atmosphäre liegen. In geschlossenen Gefäßen hört die Zersetzung sogleich auf, nachdem sich der vom Kalk nicht eingenommene Raum mit Kohlensäure angefüllt hat. Hall fand, daß Stücke von kohlensaurem Kalk, in einer Röhre eingeschlossen, also unter hohem Druck, im Porzellanfeuer unzersezt, mit einem Verlust von höchstens 1 Proc. geschmolzen werden können und löste dadurch den anscheinenden Widerspruch, welcher in dem Vorkommen des Urkalkes liegt. Man sieht nämlich nicht sogleich ein, warum dieser in geschmolzenem Zustande heraufgedrungene Kalk nicht eben durch die Schmelzhitze seine Kohlensäure eingeblüht habe. Der hohe Druck, unter dem die Verflüssigung statthatte, erklärt aber nach dem Hall'schen Versuche die Sache von selbst.

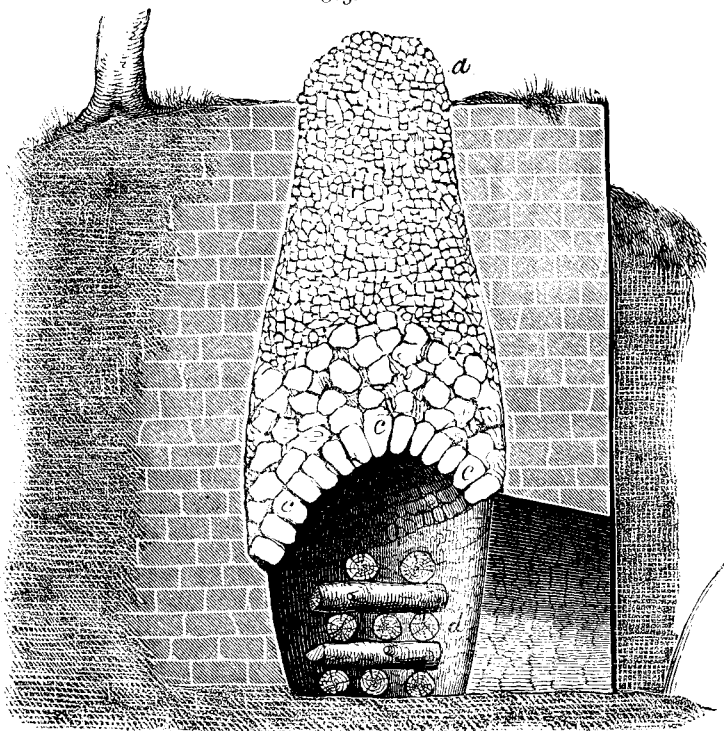
Es ist an der Zeit, nach diesen mehr allgemeinen Betrachtungen einen Blick auf den technischen Betrieb des Kalkbrennens zu werfen, den man also als eine Zubereitung des Kalkes zu zahlreichen gewerblichen Zwecken betrachten muß. Es ist zwar im vorigen Abschnitte schon angedeutet worden, daß das Kalkbrennen sehr häufig gelegentlich mit dem Ziegelbrennen geschieht; dies ist indessen nur die Ausnahme von der Regel des gesonderten Betriebs, womit es sich übrigens ganz ähnlich wie mit der Ziegelbrennerei insofern verhält, als der so allgemeine Bedarf des gebrannten Kalkes das Brennen in die Hände des rohesten und unbemitteltesten Tagelöhners auf dem Lande, so gut wie in die Hände der geschicktesten Techniker und Capitalisten in der Umgebung der großen Städte gelegt hat. Man hat also in den verschiedenen Ofeneinrichtungen und Verfahrensweisen beim Kalkbrennen alle möglichen Stufen der Vollkommenheit zu erwarten, von denen die im Folgenden beschriebenen Beispiele vorzugsweise charakteristisch sind.

Die Ofen
in Rodheim.

Eine der einfachsten, aber auch rohesten Einrichtungen überhaupt ist die in der Umgegend von Gießen (bei Rodheim) gebräuchliche Einrichtung, worin man den dort anstehenden, dichten (Uebergangs-) Kalk brennt. Der Ofen, Fig. 244, ist ein senkrechter, aus demselben Kalksteine trocken (ohne Mörtel) aufgebauter Schacht, welcher so an einem steil abfallenden Hügel, Hohlweg und dergl. angebracht ist, daß man ebenso leicht von oben her an die Gicht *a* zur Beschickung, als von unten her an die Feuerung *b* zum Schüren gelangen kann. Der Schacht selbst ist durchweg rund, hat oben 6' Durchmesser und erweitert sich bis zum untersten Drittel allmählig auf 10 Fuß. Dort wird durch eine plötzliche Verjüngung des Durchmessers eine Art einspringenden Gesimses

von 1 Fuß Breite gebildet, worauf die Verjüngung wieder allmählig weiter Der Ofen bei
Kochheim. verläuft, bis der Durchmesser am Boden $6\frac{1}{2}$ Fuß hat. Dieses Gefims läuft zwar ringförmig um den inneren Umfang des Ofens, aber nicht in einer Ebene,

Fig. 244.



sondern steigt gleichzeitig, wie die Abbildung zu erkennen giebt, gegen die Schüröffnung an. Das Einsetzen oder die Beschickung geschieht nun nach einem bestimmten Plane. Die Kalkbrenner fangen damit an, mittelst der größten und zu diesem Zwecke auserlesenen Kalkstücke, ein spitzbogenartiges Gewölbe *c, c* auf das Gefims aufzusetzen, welches dabei als Stützpunkt, oder Widerlager dient. Auf dieses Gewölbe werden die übrigen Kalksteine durch die Gicht ohne Ordnung eingeworfen, aber doch mit der Rücksicht, daß die dickeren Steine zu unterst, die kleineren Abfälle obenauf kommen, wo sie hoch über der Gicht aufgehäuft werden. — Ist die Beschickung so vorgerichtet, so baut man in dem freien Raume unterhalb des Gewölbes einen Scheiterhaufen *d* von (Stock-) Holz und zündet ihn an. Die Handhabung des Feuers ist eine keineswegs gleichgültige Sache; die Möglichkeit, den Brand zu vollenden, hängt nämlich von der Dauer des Gewölbes *c, c* ab, welches den Tragrost vertritt. Da nun die Steine desselben durch kein Bindemittel verbunden und im Gegentheil, insofern sie unbehauen sind, sich nur an wenigen Stellen berühren und eine Menge Zwischenräume zum Durchlaß der Flamme bilden müssen; so kann schon

Der Ofen bei
Koblenz.

eine einigermaßen gewaltsame Erschütterung den Einsturz des Gewölbes und die Unterbrechung der Operation nach sich ziehen. Bei plötzlicher und heftiger Einwirkung des Feuers sind aber die rasche Ausdehnung der Steine, sowie die allzu schnelle Verdampfung der natürlichen Feuchtigkeit, welche oft ein Zerplatzen der Steine verursacht, hinreichend nachdrückliche Erschütterungen, um eine solche Katastrophe herbeizuführen. Die Kunst des Kalkbrenners besteht nun darin, die Masse der Kalksteine so allmählig als möglich auf die Glühhitze zu bringen. Man nennt diese anfängliche Periode »das Schmauchfeuer«, weil dabei die aus dem Brennstoffe entwickelten Gase wegen zu starker Abkühlung unvollkommen verbrennen und als dicker Rauch entweichen. Gewöhnlich steigt die Hitze in einem solchen Kalkofen in den zwei ersten Dritteln der Brennzeit, bis sie der Weißglühhitze nahe kommt, und fällt wieder im letzten Drittel. Das Feuern muß übrigens so lange fortgesetzt werden, bis die oberen Steine bei *a* die Gahre zeigen. Während des Brandes rücken diese wegen der Verminderung ihres Umfanges merklich zusammen, wodurch das über der Gicht Aufgehäuhte allmählig einsinkt.

In einem Ofen, wie der abgebildete, dauert der Brand dreimal 24 Stunden und erfordert 60 Stecken Buchen-Stockholz (ungefähr 600 Ctr.), um 400 Bütten Kalk (= 4000 C.-F. h. = 2020 C.-F. rh.) gahr zu brennen. — Es erfordert eine geraume Zeit, bis der Ofen hinreichend kalt geworden, um die Steine ziehen zu können, was durch die Schüröffnung *b* geschieht. —

Die Uebelstände eines solchen Verfahrens, welche auf eine ungeheure Brennstoffverschwendung hinausgehen (den Zeitverlust kann man nicht anschlagen, weil ein solcher Brand nur nebenbei betrieben wird), liegen auf der Hand. Um den Ofen zu entleeren und wieder zu beschicken, muß man ihn jedesmal inzwischen erkalten lassen; es geht also die ganze Wärme, oder, was gleichviel besagt, der ganze Holzaufwand verloren, welcher geopfert werden muß, um die bedeutende Masse der Ofenwände auf den Hitzgrad des Kalkbrennens zu bringen. Es ist ferner einleuchtend, daß bei solchem Brande, zu einem gewissen Zeitpunkte, die untere Hälfte der Beschickung gahr sein wird, während die obere noch roh ist. Das Gahrbrennen dieses oberen Theiles, der dem Heerde der Verbrennung sehr weit entrückt ist und eine Stelle einnimmt, auf welche sich die volle Wirkung der Flamme nicht mehr erstreckt, geschieht also unter ungünstigen Umständen und ist im Grunde nur durch einen größeren Aufwand von Brennstoff möglich, als an sich erforderlich wäre. Dadurch sind aber die unteren längst gahren Steine der beständigen Gefahr des Ueberhitzens preisgegeben, wodurch ihre Güte wesentlich beeinträchtigt wird.

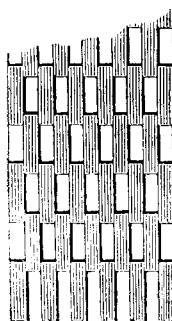
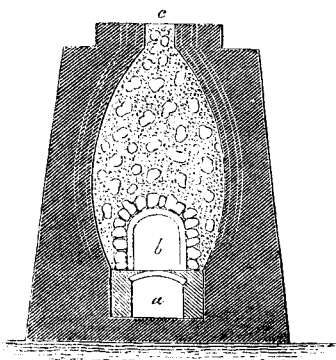
Es bedarf keines weiteren Beweises, daß die gerügten Mängel von dem Principe der Ofeneinrichtung abhängen und folglich durch eine bessere Ausführung dieses Principes höchstens gemildert, aber nicht gehoben werden können. Solche Verbesserungen bestehen theils in einem solideren Bau des Ofens aus wirklichem Mauerwerk, theils in zweckmäßigeren Dimensionen und Formen des Schachtes, theils in einer mehr gegen Feuchtigkeit gesicherten Lage und dergl. mehr.

Solche Verbesserungen enthält die Abbildung, Fig. 245, eines Ofens, wie er bei Braunschweig gebräuchlich. Statt der roh aufgesetzten Mauer hat man

Die Ofen in Braunschweig.

Fig. 245.

Fig. 246.

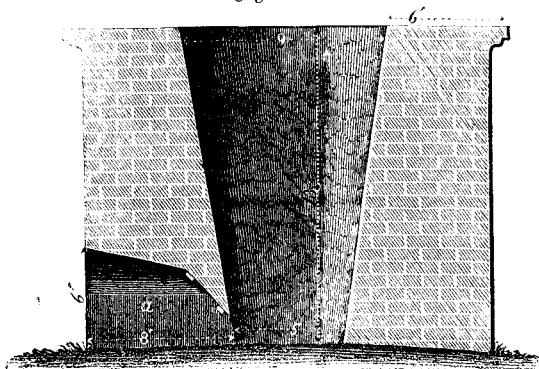


hier eine Raubmauer, die den äußeren Mantel bildet, und eine innere Feuermauer in solidem Baue. Das Feuer liegt auf einem Roste, der den Aschenfall *a* von dem Feuerraume *b* scheidet. Der Rost ist eigentlich ein durchbrochenes Gewölbe von Backsteinen, dessen obere Ansicht die Fig. 246 zeigt. —

Ein Ofen von der Art der Rodheimer ist ausdrücklich für Holzfeuer berechnet, weil ein dichter Brennstoff, wie Steinkohle oder Torf, auf der flachen Herdsohle nicht gehörig Zug empfängt, um mit Vortheil gebrannt zu werden. Bei Torf, der reichlich Asche hinterläßt, ist die Verstopfung noch viel bedeutender. Es werden darum alle Ofen der fraglichen Art, Ofen mit unterbrochenem Gange, wie man sie nennt, stets mit Rosten versehen, wenn man auf Torf, Stein- oder Braunkohlen angewiesen ist. — Den Ofen mit ununterbrochenem Gange liegt die Idee zu Grunde, jene Hauptübelstände schon von vorn herein, im Princip auszuschließen. Diese Absicht — wie schon der Name andeutet — giebt sich ebenso sehr in dem Gange des Brandes, als in der Bauart oder Construction zu erkennen. Die Fig. 247 stellt einen Ofen mit ununterbrochenem Gange für Steinkohlenfeuer, wie sie überaus

mit ununterbrochenem Gange.

Fig. 247.



für Stein-
kohlen.

häufig angetroffen werden, im senkrechten, Fig. 248 im wagerechten Durchschnitte durch die Ziehöffnungen dar. Der eigentliche Ofenraum stellt einen

Fig. 248.

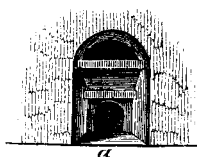
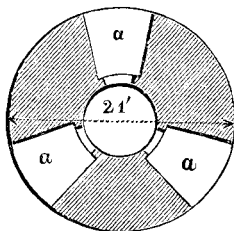


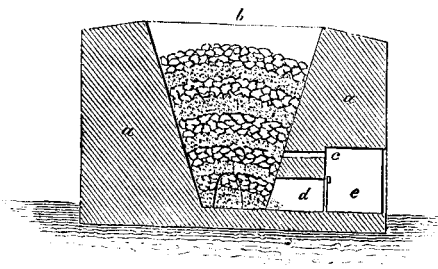
Fig. 249.



Schacht von der Gestalt eines umgekehrten Kegels vor, oben weit, unten enger. Ein besonderer Feuerherd ist nicht vorhanden, denn die Deffnungen *a, a, a*, die sich in der vorderen Ansicht, wie Fig. 249, darstellen und deren drei vorhanden sind, dienen

nur zum Ziehen der gahren Kalksteine. Man fängt damit an, auf den Boden etwas Holz (nur zum Anzünden), dann eine Schicht Steinkohlen zu legen; darauf wird eine Schicht Kalkstein gebreitet, diese wieder mit Kohlen bedeckt, worauf eine neue Lage Kalkstein folgt, u. s. f. lagenweise. Die letzte Schicht Steine ist über der Gicht aufgehäuft, und an dem Einsinken derselben erkennt man das Fortschreiten des Brandes; denn in diesem Falle wird das Einsinken nicht nur von der Volumverminderung der Steine, sondern auch von dem Abbrennen der Kohlenschichten herrühren. Sobald die oberste Lage bis gegen den Ofenrand eingesunken ist, wird eine neue »Gicht« aufgegeben, wie man es nennt, d. h. frische Kohlen aufgeschüttet und darauf frische Kalksteine gestürzt. Unterdessen, in Zwischenräumen von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ Stunde, werden die unten auf der Ofensohle angekommenen gahren Gichten durch die Löcher *a, a, a* gezogen. Je tiefer eine Gicht im Ofen niedergeht, um so mehr werden ihre Kohlen verzehrt sein und um so weniger Raum wird sie einnehmen; daher ist die Verjüngung nach unten, die angemessenste Form des Schachtes. Was die Regulirung der Hitze betrifft, so hat man es völlig in seiner Gewalt, dadurch, daß man mehr oder weniger starke Kohlengichten bei gleichen Steingichten aufgiebt, dieselbe zu vermindern oder zu steigern. Will man den Zug vermindern, so schließt man die Deffnungen *a, a, a* durch Vorstellsteine mehr oder weniger. Bei einem Ofen der obigen Dimensionen wurden in 24 Stunden 500 Cubikfuß h. Kalk gezogen und 40 Scheffel (= ungefähr 40 Ctr.) Kohlen verbraucht.

Fig. 250.



Ein anderes Beispiel für den Verbrauch und die Leistung giebt ein Ofen ähnlicher Construction (von Luemschwiller bei Mühlhausen). Er ist 14,4' hoch, oben 13,6' unten 4' im Durchmesser weit und in einem Abstände von 2 Fuß über der Sohle, mit einem Roste versehen. Er faßt 400 Ctr. Kalk, wovon täglich $\frac{1}{3}$ gahr wird.

Die gahren Steine werden gezogen, indem man die Roststäbe auseinanderdrückt, um sie durchfallen zu

lassen. Eine einzelne Gicht braucht 4 Tage Zeit, um bis zum Roste zu gelangen und besteht aus Kalkstücken von ungefähr 54 C.:Z. im Mittel. Der Kohlenverbrauch ist beiläufig $\frac{1}{4}$ von dem der Kalksteine.

Aus der Abbildung eines Ofens von etwas anders construirten Ziehöffnungen, Fig. 250, ersieht man deutlich, wie die Kalk- und Kohlengichten auf einander folgen.

Die Steinkohlen sind ein Brennstoff, der sich leicht in kleine und kurze Stücke zertheilen läßt, oder als Grubenklein ohnehin in einem zertheilten Zustande ist und mithin seine gehörige Ausbreitung und Vertheilung unter die Kalkgichten bequem macht und befördert. Auch kommt bei Steinkohlen der Umstand zu Statten, daß sie verhältnißmäßig wenig Asche hinterlassen, die leicht mit den Kalksteinen aus dem Ofen entfernt werden kann. Diese Verhältnisse gelten nicht mehr, weder für Holz, welches sich nicht gut vertheilen läßt und das regelmäßige Gahren und Niedergehen der Gichten hindert; noch für Torf, der meist so viel Asche hinterläßt, daß dadurch der Ofen Gefahr läuft, verstopft zu werden. — Für die Fälle, wo der Vortheil des ununterbrochenen Betriebes mit der Holz- oder Torffeuerung vereinigt werden soll, erleidet aus diesen Gründen die Ofeneinrichtung eine entsprechende Abänderung. Während der Ofen seinen Charakter als stehender oder Schacht-Ofen völlig beibehält, wird der Brennstoff (anstatt mit dem Kalk abwechselnd aufgegeben zu werden) vielmehr zur Seite des Schachtes in besonderen Feuerherden verbrannt und die erzeugte Flamme durch den Schacht hindurchgeleitet, der nunmehr nichts als bloße Kalkgichten enthält. Die Anzahl der Feuerungen, die immer symmetrisch um den Umfang des Schachtes vertheilt liegen müssen, richtet sich nach der Größe des Ofens, so daß man drei-, vier-, fünfschürige Ofen u. unterscheidet. Wie man sieht, ist der Brand in einem solchen Ofen allein bei einem Brennstoffe möglich, der eine lebhafteste und lange Flamme giebt, wie Torf, Holz, Steinkohlen; für letztere nicht so vortheilhaft, als die am vorigen Falle entwickelte Einrichtung.

für Holz.

Das schönste Beispiel eines Kalkofens für Holz- und Torffeuer ist der Kalkofen von Rüdersdorf, dem einzigen Orte in der ganzen Ebene um Berlin, wo ein Kalklager angetroffen wird, welches wie eine Insel aus der Tertiärformation hervorragt. Es gehört dem Muschelkalk an und liefert den ganzen Bedarf für die Hauptstadt.

Der Rüdersdorfer Ofen.

Der Kildersdorfer Ofen.

Die Abbildung, Fig. 251, zeigt den senkrechten Durchschnitt durch die Aue des Schachtes, die Fig. 252 den wagerechten Schnitt, und zwar in der Höhe der Feuerungen, auf der rechten Seite, in der Höhe der Zuglöcher, auf der linken Seite der Theilungslinie Z Z.

Fig. 251.

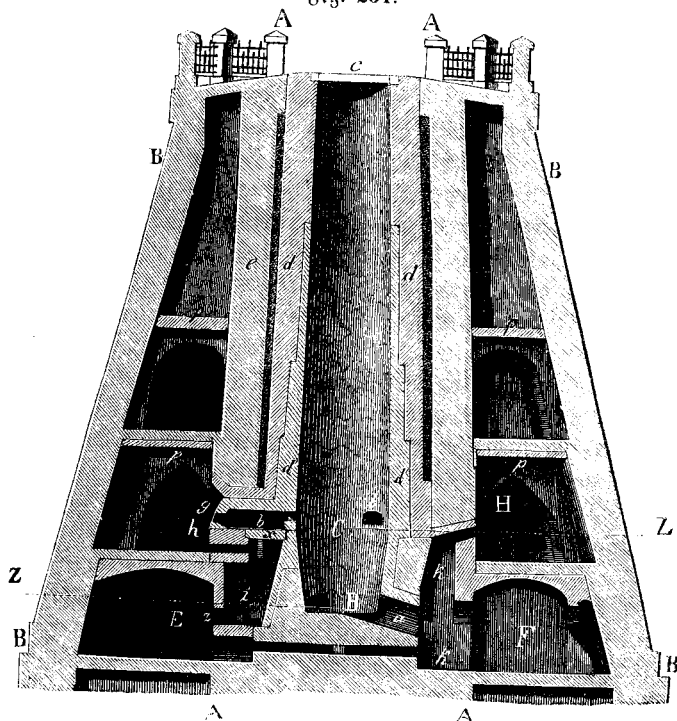
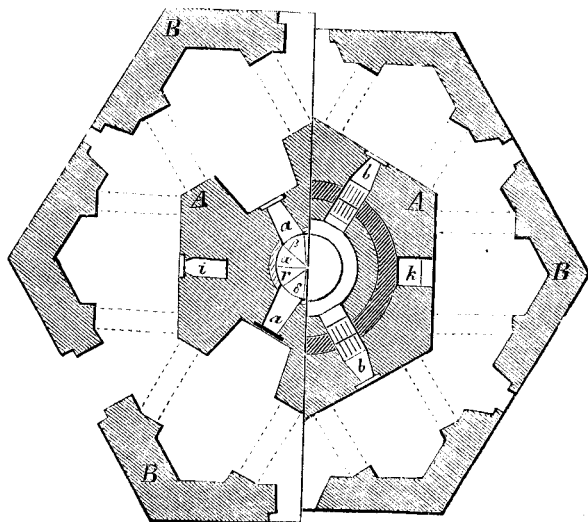


Fig. 252.



Nur der innere zwischen den Buchstaben *A, A* begriffene Theil gehört wesentlich zum Ofen. Die äußere Umfangsmauer *B, B, B* bildet mittelst der Gewölbe *p, p, p* . . . Räume, von welchen die in den unteren Stockwerken zum trocknen Aufbewahren des Brennstoffes und Kalkes, die im dritten und vierten Stocke zum Uebernachten der fremden Arbeiter zc. dienen.

Der Anders-
der Ofen.

Der Schacht ist von der Gicht bis zu den Feuerungen 47,7 F. h. ($= 38' \text{ rh.}$), von da bis zu der Sohle 8,8 F. h. ($= 7' \text{ rh.}$), also im Ganzen 56½ F. h. ($= 45' \text{ rh.}$) hoch; seine Weite beträgt bei der Gicht 7½ F. h. ($= 6' \text{ rh.}$), ebenso viel an der Sohle, und an der weitesten Stelle 10' h. ($= 8' \text{ rh.}$) im Lichten. Er ist inwendig, also an der dem Feuer ausgesetzten Fläche, bis auf 40,2 F. h. ($= 32' \text{ rh.}$) von der Sohle aufwärts mit feuerfesten Steinen *d'* ausgekleidet, welche in Absätzen ½ bis 1½ Steine stark sind. Diese feuerfeste Schicht ist von der eigentlichen inneren Mauer *d d* umgeben, welche oben bei der Gicht bloß liegt. Beide sind endlich von einem Mantel *e e*, aber in einem Zwischenraume von einigen Zollen umgeben. Einen solchen Zwischenraum, hier mit Asche ausgefüllt, nennt man eine »Füllung«. Sie hat den doppelten Zweck: Einmal der Ausdehnung des Kernschachtes im Inneren Raum zu geben, welche bei dem vorhandenen Hitzegrade kräftig genug ist, einen festanliegenden Mantel zu sprengen; dann aber auch die Wärme dadurch zusammenzuhalten, daß die darin enthaltene Asche mit der eingeschlossenen Luft (als schlechte Wärmeleiter) der Hitze den Durchgang verwehrt. Abwechselnd, auf drei Seiten des sechseckigen Ofens, liegen die Feuerungen *b, b, b, b*. Unter einem, wie der Schacht selbst, mit feuerfesten Steinen verkleideten Gewölbe *g* liegt der Brennstoff auf zwei durchbrochenen Thonplatten, welche zusammen den Rost bilden; in der Mitte, wo beide zusammenstoßen, sind sie von dem Gurtbogen *f* unterstützt. Eine eiserne Thür schließt den Eingang zur Feuerung, wodurch der Brennstoff besser zusammengehalten wird. Der Zug findet durch den Kanal *h* unter die Rostplatten Zutritt. Die Asche sammelt sich in dem Aschenfalle *i*; soll dieser entleert werden, so zieht man die eiserne Schlußplatte *z* weg und die Asche fällt von selbst in den Raum *E*, von wo sie nach dem Erkalten mit Karren abgeholt wird.

Die Oeffnungen *a a* zum Ziehen des Kalkes sind, um das Nachfallen zu erleichtern, nach innen zu erweitert, und, um diese sonst beschwerliche Operation noch mehr zu unterstützen, ist die Sohle nach den Oeffnungen zu nicht nur geneigt, sondern auch noch besonders so construirt, daß die Steine von selbst nachsinken. Nach den drei Seiten nämlich, an denen die Ziehöffnungen liegen, bildet die Sohle vom Mittelpunkte aus Einschnitte oder Kerben: diese sind durch ebenso viele Zwischenerhöhungen getrennt, auf welchen, weil sie eine Schneide bilden, die Steine nicht liegen bleiben. Diese werden alle in die Einschnitte, und wegen der Neigung derselben nach außen, auch den Ziehöffnungen zufallen. — Die durch diese Oeffnungen eintretende Luft würde eine schädliche Abkühlung hervorbringen, weil der Ofen schon durch die Feuerung hinreichend mit Luft gespeist wird; sie sind darum mit Eisenplatten verschlossen, die nur im Augenblicke des Ziehens geöffnet werden. — Vor den Ziehöffnungen steigt ein senkrechter Kanal *k* aufwärts in den äußeren Raum *H*; er dient dazu, den Arbeits-

Rüdersdorfer
Defen.

ter gegen die allzu heftige Hitze zu schützen, indem die glühende Luft sogleich, ehe sie jenen trifft, nach *H* aufsteigt.

Während nun am Fuße dieses Ofens ununterbrochen gahre Steine gezogen werden, so wird in der Mitte ohne Unterlaß gefeuert und von der Gicht aus stets frischer Kalkstein aufgegeben. Zu dem Ende ist die Gicht, die mit dem Steinbruche durch eine Eisenbahn in Verbindung steht, mit einer ringförmigen Platte *c* bedeckt und mit einem Geländer eingefriedigt.

Wenn der Ofen zum erstenmal gebraucht und in Gang gesetzt werden soll, so ist ein besonderes Verfahren nöthig. Im Anfange benimmt man sich nämlich gerade so, als ob die Feuerherde *b, b* gar nicht vorhanden wären, füllt den Schacht bis zur Höhe derselben, also auf 8,8 F., an und brennt die Steine dadurch, daß man Feuer in den Ziehöffnungen unten anlegt. Sind sie gahr, so füllt man den Schacht vollends auf, indem man die Steine anfangs in Eimern hinabläßt und dann von oben hineinstürzt, bis sie auf der Gicht gehäuft liegen, und zündet das Feuer in den eigentlichen Feuerungen an und fährt dann in der gewöhnlichen Weise fort. Alle 12 Stunden wird nun Kalk gezogen und zwar 20 bis 24 Tonnen pr. auf einmal, was ungefähr 60 bis 72 Etrn. h. entspricht. — Man sieht hieraus, daß die Benennung dieser Defen mit »ununterbrochenem Gang« eine uneigentliche ist, insofern das Ziehen stets in Perioden (bei dem Rüdersdorfer Defen in zwölfstündigen) vor sich geht. Man würde die Kalköfen treffender eintheilen in solche, die zum Behufe des Ziehens kalt werden müssen, und solche, die heiß bleiben und fortarbeiten können.

Bei Rüdersdorf sind im Ganzen zwei dreischürige Defen, ein vierschüriger, welcher 2600 E.-F. und ein fünfschüriger, welcher 3000 E.-F. Kalk faßt. Der vierschürige Ofen gab in 12 Stunden 60 bis 75 Etr. gahren Kalk; er braucht also mehr Brennstoff als der vierschürige, der ebenso viel Kalk liefert. —

Im Jahre 1829, um ein Beispiel anzuführen, sind dort aus 26496 E.-F. h. Kalkstein 19196 E.-F. gebrannten Kalkes erzeugt worden, was 72 Procent des Volumens entspricht; dabei gingen auf: 460 Stecken Holz zum Anfeuern und 547560 E.-F. Torf zum Brennen.

Nach einem Versuche, der besonders dazu angestellt wurde, lieferte der Rüdersdorfer Kalkstein 52 Procent gebrannten Kalk dem Gewichte nach.

Defen in
England.

In vielen Bleichkalkfabriken Englands, wo man Kohlenklein von sehr haßenden Kohlen brennt, schichtet man die Kohlen und den Kalk nicht wie in Fig. 250, denn die Kohlenschichten würden bei dem ersten Eindrucke der Hitze eine zusammenhängende Kruste bilden, welche den Zug im Schacht alsbald unterbrechen würde. Die Defen sind vielmehr daselbst ganz nach Art der Rüdersdorfer angelegt, aber nur mit zwei gegenüberliegenden Feuerungen versehen; die Kohlen werden von oben (durch zwei besondere kleine Schächte) in ein Vor- gewölbe hinuntergestürzt, wo sie der Schürer in Empfang nimmt.

So unwiderleglich auch die im Vorhergehenden niedergelegten Data für eine bedeutende Brennstoffersparniß zu Gunsten der Defen mit ununterbrochenem Gange sprechen, so würde es doch ein großer Verstoß gegen die Billigkeit sein, wollte man auf diesen Maßstab hin ohne Weiteres gegen die einfachen Defen aburtheilen. Man darf nämlich nicht vergessen, daß Defen, wie die

Rüdersdorfer den Unternehmer vollständig beschäftigen und folglich nicht wohl als Nebenerwerb, neben der Landwirthschaft z. B., betrieben werden können; man darf ebenso wenig außer Augen sehen, daß die Defen ununterbrochenen Ganges auch ununterbrochen, d. h. in der nämlichen Zeit, viel mehr Kalk liefern als andere und mithin nur für einen bedeutenden und fortlaufenden Absatz wirklich geeignet sind. Eine rücksichtslose Verdammung der zu Anfang beschriebenen Defen, wie sie auf dem platten Lande gewöhnlich sind, enthält also sehr häufig die ungereimte Zumuthung, mehr Kalk zu erzeugen, als möglicher Weise abgesetzt werden kann, wozu die kleinen Kalkbrenner unmöglich Veruf fühlen können. Wohl aber ist es dankbar anzuerkennen, wenn auf bessere Einrichtung jener Defen in ihrer Art öffentlich eingewirkt wird, um so mehr, als das Kalkbrennen mit eine der stehenden Hauptquellen der Brennstoffverwüstung ist und somit von staatswirthschaftlicher Seite Beachtung verdient. Der sicherste Weg, um sich über den Betrag dieser Verschwendung einen allgemeinen Anhaltspunkt zu verschaffen, ist jedenfalls der, daß man die Menge Brennstoff theoretisch zu ermitteln sucht, welche zum Gahrbrennen von einem gegebenen Gewichte Kalk erforderlich ist und das Ergebniß als Maassstab an die praktische Erfahrung legt. Es erhellt aus Seite 56, daß 1 Pfd. Brennholz 26 Pfd. Wasser um 100° C. zu erwärmen vermag. Wird die specifische Wärme des Kalksteines und der Kohlensäure auf $\frac{1}{3}$ von der des Wassers *) und die Brenntemperatur des Kalkes auf 800° C. angeschlagen, so findet sich zuerst, daß 1 Pfd. Holz $3 \times 26 = 78$ Pfd. Kalk um 100° , folglich auch $7\frac{8}{8} = 9,75$ Pfd. Kalkstein um 800° zu erhizen vermag; oder es ist, mit anderen Worten, der Theorie nach in runder Zahl nur $\frac{1}{10}$ vom Gewichte des Kalksteins an Holz nöthig. Man braucht aber in der Praxis das Vier- bis Sechsfache davon! Freilich verliert der Kalkstein seine Kohlensäure, wenn er auch die richtige Temperatur erreicht hat, nicht mit einem Schlage, wie bei der Berechnung stillschweigend vorausgesetzt ist, sondern sehr allmählig; es handelt sich daher nicht bloß darum, die Beschickung des Ofens für einen Augenblick auf die erforderliche Temperatur zu bringen, sondern auch eine Zeitlang darin zu erhalten. Aber wenn man selbst mit Rücksicht auf den Verbrauch für letzteren Zweck, die oben berechnete Menge Holz verdoppelt (also auf $\frac{1}{5}$ erhöht), so bleibt immer noch ein Verlust, der diesem Betrage sicher gleichkommt, d. h. es ist als bestimmt anzunehmen, daß man in den Kalköfen ungefähr doppelt soviel Brennstoff verbraucht, als eigentlich sein sollte. — Da sich der Heizwerth der Steinkohlen zu dem des Holzes wie 60 : 26 verhält, so sollte man theoretisch auf 10 Pfd. Kalk nur 0,43 Pfd. Steinkohlen brauchen. Wie oben schon angegeben, braucht man aber auf 1 C.-F. Kalk $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ C.-F. Kohle, was auf 10 Pfd. Kalk 2,4 bis 3 Pfd. Kohlen, also ungeheuer viel mehr ausmacht.

So wie die Backsteine, so können auch die Kalksteine in Meilern gebrannt werden; es ist jedoch wegen der unregelmäßigen Form und der stärkeren Schwindung derselben bedeutend viel mißlicher und unterbleibt in der Regel.

*) D. h. wenn Kalk und Kohlensäure eine dreimal geringere Wärmemenge bedürfen, um eine gleiche Temperaturerhöhung zu erfahren.

Ausbeute.

Ganz reiner trockner kohlenaurer Kalk verliert 44 Gew.-Th. Kohlenäure beim Brennen und liefert 56 Th. Aekalk (CaO). In der Praxis ist die Ausbeute theils viel geringer, wenn der Kalk sehr feucht ist; theils auch größer, wenn er viel thonige Theile enthält, die gar nichts im Feuer verlieren. Im Allgemeinen lassen sich für die Grenzen der Ausbeute 45 bis 77 Procent und für den gewöhnlichen Betrag derselben 54 Procent veranschlagen. Die Schwindung ist nicht so beträchtlich, als man dabei erwarten sollte, weil der gebrannte Kalk sehr locker und porös bleibt. Das specifische Gewicht des Kalksteines vermindert sich um $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ beim Brennen, wobei sich die Abnahme des Volumens auf 10 bis 20 Procent beläuft. Triest fand bei einem besonders angestellten Versuche das Gewicht eines soliden C.-F. h. Rüdgersdorfer Kalkstein = 93 Pfd., nach dem Brennen = 48 Pfd., woraus sich der Verlust = 45 Pfd. oder 48 Procent ergibt. Es nehmen, um ein anderes Beispiel zu geben, 100 Pfd. Rodheimer Kalk frisch 209, gebrannt (wo sie nur noch 60 Pfd. wiegen) 183 Raumtheile ein, schwinden folglich um $12\frac{1}{2}$ Procent. —

Neben dem »Stückkalk« geben die Ofen stets etwas Abfälle als »Mehlkalk«, welcher theils vom Splintern der Steine im Feuer, theils von Zerreiben bei der Beschickung und beim Ziehen herrührt.

Einfluss
des Wass-
erdampfes
im Ofen.

Nach einer alten Erfahrung der Kalkbrenner sollen sich feuchte Kalksteine viel leichter brennen, als trockne. Diese Erfahrung, die so eingewurzelt ist bei denselben, daß sie lieber erdfeuchte Steine brennen als trockne, oder die trocknen zuvor besprengen, enthält allerdings eine Wahrheit, die aber von der Praxis vielfach mißverstanden wird. Um von vorn herein auf den richtigen Gesichtspunkt zu kommen, muß man sich den bekannten Satz vergegenwärtigen, wonach ein Gas oder ein Dampf einen gegebenen Raum (wenn auch nicht ganz so rasch, aber doch) in demselben Maaße erfüllt, gleichviel, ob jener Raum vorher gänzlich leer, oder bereits mit einem anderen (nur nicht von demselben) Gas erfüllt war; denn verschiedenartige Gase haben ein so kräftiges Bestreben, einander gleichmäßig zu durchdringen, daß dadurch oft ein nicht unbedeutender Widerstand überwunden wird. Wasser z. B. verdunstet in trockner Luft nicht schwieriger, als in dem leeren Raume; dagegen ist es ein Hinderniß für die weitere Verdunstung, wenn der leere Raum, oder die Luft-über dem Wasserspiegel schon Wasserdampf enthält. Inwiefern dieser Grundsatz beim Kalkbrennen Geltung hat, ist von Gay-Lussac auf eine sehr anschauliche Weise zur Erkenntniß gebracht worden. Dieser treffliche Beobachter brachte Marmorstücke in eine Röhre, welche so in einen Ofen eingesetzt war, daß sich die Temperatur leicht und sicher reguliren ließ. Das eine Ende des Rohres war mit einer Vorrichtung zur Entwicklung von Wasserdampf, das entgegengesetzte mit einer solchen zum Auffangen der Kohlenäure bestimmt. Die Temperatur wurde anfangs so hoch gesteigert, bis sich der Marmor stark zu zersetzen gelassen, so daß alle Entwicklung von Kohlenäure aufhörte. Als man nun in diesem Zeitpunkte auf einmal Wasserdampf über den dunkelrothglühenden Kalk streichen ließ, erschien die Kohlenäure sogleich wieder in Menge und blieb unter diesen Umständen ganz vom Dampfstrom abhängig. Sie stockte beim

Ab sperren und begann wieder mit dem Zulassen des Dampfes, nach dem Belieben desjenigen, der den Versuch leitete. Es ergibt sich daraus auf's Entschiedensten, daß die Zersetzung des Kalkes unter dem Einflusse des Wasserdampfes bei einem geringeren Hitzegrade vor sich geht, als der gewöhnliche. Ganz dasselbe findet aber auch Statt, wenn man den Dampfstrom durch einen Luftstrom ersetzt; folglich ist die Wirkung des Dampfes nur eine mechanische, welche darauf hinausläuft, um die Kalkstücke herum eine Atmosphäre zu bilden, welche kohlenensäureleer ist und sich folglich in Bezug auf die Aufnahme von Kohlenensäure ganz verhält wie ein leerer Raum. In dem einen Falle hat die sich entwickelnde Kohlenensäure einen Druck gegen die bereits gasförmige zu überwinden, der völlig wegfällt, wenn der Raum um die Kalksteine gar nicht oder mit einem verschiedenartigen Gas erfüllt ist.

Daß der kohlen saure Kalk, in einer Atmosphäre von Kohlen saure geglüht, gar nicht zersetzt wird, ist, wie bemerkt, schon von Faraday und von Hall dargethan worden. Ja Pechhold hat sogar gezeigt, daß Kalk, weißglühend (also bei einer Temperatur, bei der sich kohlen saurer Kalk längst brennt) einem Strome von Kohlen saure ausgesetzt, so viel davon aufnimmt, daß er mit Säuren heftig aufbraust und in Wasser nicht mehr zerfällt.

Wenn es nun auf der einen Seite auch gewiß ist, daß die Kalksteine unter dem Einflusse des Dampfes leichter gahren, so ist dennoch sehr in Zweifel zu ziehen, ob das Brennen von feuchten Steinen einen wirklichen Vortheil gewährt. Denn feuchte Steine in den Ofen zu bringen, heißt noch lange nicht rothglühende Steine der Einwirkung eines Dampfstromes aussetzen, weil bei weitem der größte Theil des Wassers schon nutzlos (also mit Brennstoffverlust) ausgetrieben sein wird, ehe die Steine zum Glühen kommen. Nur von dem geringen Rückhalte von Feuchtigkeit, welche dicke Kalkstücke noch im Inneren enthalten, wenn sie äußerlich glühend sind, könnte allenfalls ein Erfolg angenommen werden. Bei den Ofen mit ununterbrochenem Gange wäre es wohl denkbar, den aus den frisch aufgegebenen Gichten entweichenden Wasserdampf (der doch unter Wärmeentziehung weggeht) durch die in der Gahre begriffenen Gichten hindurchzuleiten. Allein alsdann müßte der ganze Gang des Ofens in seiner Richtung umgekehrt werden; man müßte also die Feuerungen des Müldersdorfer Ofens z. B. oben unter die Gicht verlegen und den Zug mittelst eines besonderen Kamins von oben nach unten führen. Die Temperaturerniedrigung, die die Anwendung des Wasserdampfes erlaubt, ist aber gering und vielleicht zu unbedeutend, um eine umständliche Berücksichtigung zu lohnen. Doch verdienen Versuche im Großen zur Erledigung dieser Frage unternommen zu werden.

Daß die Flamme, d. h. der aus dem Brennstoffe sich entwickelnde brennende Gasstrom, die Luft oder den Wasserdampf nur schlecht ersetzen kann, ist aus dem Kohlen säuregehalt derselben von selbst klar. Indessen sind einige Ofen, z. B. der der Fig. 250, mit einem besonderen Kanale *c* versehen, durch welchen man zu dem entwickelten Zwecke einen Luftstrom einleiten kann.

ob von Nutzen in der Praxis?

Der ge-
brannte
Kalk,

Um nach diesen Betrachtungen wieder den eigentlichen Faden aufzunehmen, ist es an der Zeit, einen Blick auf die chemischen Veränderungen zu werfen, welche die Kalksteine, die also nicht reiner kohlen-saurer Kalk sind, im Feuer erfahren. Alle übrigen kohlen-sauren Salze verlieren ebenso ihre Kohlen-säure wie der Kalk, die Bittererde bleibt rein (als MgO) zurück, während sich das Mangan- und Eisenorydul sogleich höher oxydiren. Das Wasser wird einfach ausgetrieben, die bituminösen, organischen Theile verbrannt. Dagegen findet eine wichtige Wechselwirkung zwischen der Kiesel-erde, sowohl der freien als der an Thonerde gebundenen und dem Kalk Statt. Der Kalk, einmal äzend geworden, verbindet sich nämlich bei der Glüh-hitze mit der freien Kiesel-erde, oder zerlegt das Thonerdesilicat dadurch, daß er sich in diese Verbindung, ein Thonerde-Kalksilicat bildend, einschleibt; er wirkt, wie man sagt, aufschlie-ßend darauf. Es kann nach diesem Verhalten nicht auffallen, daß die fremden Gemengtheile einen Einfluß auf die Beschaffenheit des gebrannten Kalkes geltend machen. Bei den reineren Kalken, die wenig fremde Theile enthalten, ist dieser Einfluß verschwindend. Vert hier hat einige Kalksteine zur Vergleichung nach dem Brennen untersucht. Da der Thon und die Kiesel-erde in diesen Beispielen in den Hintergrund treten, so zeigen sie um so deutlicher den Einfluß der Bittererde, wie folgende Zusammenstellung veranschaulicht, wobei von den übrigen Bestandtheilen abgesehen ist:

keine Bestand-
theile

Ordnungsnummer	1	2	*	*	5	6	8	10
Die frischen Steine enthalten:								
Kohlensf. Kalk	97,0	98,5	96,5	95,0	94,0	87,2	74,5	60,9
„ Bittererde	2,0	0,0	2,0	1,3	1,6	10,0	23,0	30,3
Die gebrannten Steine enthalten:								
Kalk	96,4	97,2	95,4	93,5	91,6	86,0	78,0	60,0
Bittererde	1,8	0,0	1,8	1,0	1,5	9,0	20,0	26,2
Beschaffenheit derselben . .	sehr fett	fett	fett	fett	fett	mittelmäßig	mager	sehr mager

Anmerkung. Alle übrigen, mit Ausnahme der beiden mit * bezeichneten Arten, sind in der Tafel S. 606 bereits unter gleicher Ordnungsnummer aufgeführt.

und Eigen-
schaften.

Man sieht hieraus, wie die Bittererde bei einem Gehalte von 10 Procent anfängt, die Erhizung des Kalkes und seine Fähigkeit beim Löschen, einen zarten geschmeidigen Brei zu bilden, merklich herabzustimmen, d. h. ihn mager zu machen. Beträgt die Bittererde mehr als $\frac{1}{3}$, so steigt die magere Beschaffenheit bis zur Unbrauchbarkeit. — Die Beschaffenheit der Kalksteine hängt nicht lediglich von deren Beimengungen ab, sondern auch von der Leitung des Brandes; während nämlich ein Theil der Steine die rechte Hitze beim Löschen zeigt und leicht zerfällt, so finden sich hier und da einige träge, auf die das

Wasser langsam oder gar nicht einwirkt. Man sagt dann, sie seien »todtgebrannt«. Die Ursachen dieser Erscheinung sind mehrere. Entweder waren die Steine zu wenig erhitzt und haben keine oder nicht alle Kohlensäure verloren, oder es hat sich durch zu kurze, oder zu gelinde Einwirkung auf die einzelnen Kalkstücke, halbkohlensaurer Kalk ($2\text{CaO}, \text{CO}_2$) gebildet. Diese Verbindung hat die Eigenschaft, sich nicht zu löschen, d. h. nicht zu zerfallen, sondern im Gegentheil sich mit dem Wasser unter Erhärtung zu $\text{CaO}, \text{CO}_2 + \text{CaO}, \text{H}_2\text{O}$ zu verbinden. Fuchs hat von dem halbkohlensauren Kalk beobachtet, daß er nach dem völligen Brennen, wo er alle Kohlensäure verloren hat, zuweilen, aber nicht immer, das Wasser sehr langsam und ohne Temperaturerhöhung anzieht, sich also todtgebrannt verhält. Die Ursache dieser Erscheinung ist unbekannt. Ein dritter Grund des Todtbrennens der gewöhnlichen Kalksteine ist, daß der Kalk, der mit dem thonigen Bestandtheile ein Silicat bildet, äußerlich zu einer dichten Hülle zusammensintert, welche das Entweichen der Kohlensäure aus dem Innern verhindert, so daß ein roher Kern bleibt. Dies ist, was man am häufigsten unter todtgebrannt versteht.

Es ist einigermaßen wahrscheinlich, daß im Obigen die Erklärung einer Erfahrung liegt, die man mit den Auster- und Muschelschaalen gemacht hat. Diese Schalen, obgleich sie einen kohlensauren Kalk ohne fremde mineralische Theile enthalten, erfordern bekanntlich eine höhere Temperatur zum Brennen, als gewöhnlicher Kalk und haben eine große Neigung, einen schlechtlöschenden, mageren Kalk zu bilden. Die Gallerte der Schalen bildet eine schwerverbrennliche Kohle, die im Inneren der kalkigen Masse lange zurückgehalten wird, während sich der Kalk brennt. Wird aber gebrannter Kalk eine Zeitlang mit Kohle geblüht, so entsteht nach Fuchs jenes halbkohlensaure Salz ebenfalls.

Die damit in Beziehung stehenden Erscheinungen werden bei den hydraulischen Kalken in nähere Erörterung gezogen werden.

Der gebrannte Kalk ist weißgrau oder schmutzig weiß, selten rein weiß von Farbe, ist viel weicher als frischer Kalkstein, aber noch hinreichend fest, um sich ohne Zerbröckeln transportiren zu lassen. Die krystallinische Beschaffenheit mancher Kalksteine ist nach dem Brennen noch erkennbar. Er ist leicht und in hohem Grade porös. In Folge dieser Porosität saugt der gebrannte Kalk das Wasser (ungefähr 18 Procent) mit Heftigkeit ein, wobei die in den Zwischenräumen befindliche Luft mit Geräusch vertrieben wird. Nach wenigen Minuten, bei magerem Kalk oft viel später, bemerkt man, daß der voll Wasser gesogene Kalk sich erwärmt; die Bindung des Wassers geht von diesem Augenblicke an vor sich. Man sieht die Kalkstücke unter Knistern zerspringen, sich ablättern; die Bruchstücke und Blätter zerfallen unter Ausstoßung von Dampf weiter und weiter, bis endlich das Ganze, unter bedeutender Vermehrung seines Umfanges, eine gleichförmige Masse eines schneeweißen, feuchten, zarten Pulvers, d. h. Kalkhydrat, bildet. Beim Bauwesen pflegt man den Kalk in den »Löschkasten«, d. h. in flache, mit einer Schüge zum Ablassen versehene Kasten aus Hohlen zu bringen und so viel Wasser zuzugießen, daß die Kalksteine zum Theil eingetaucht sind. Während des Löschens geräth unter solchen Umständen das überschüssige Wasser in lebhaftes Sieden, während der Arbeiter

Das Lös-
schen.

Das Lösch-
sch. n. vermittelt der Löschkrücke den zerfallenden Kalk gleichmäßig mit dem Wasser zu mengen sucht. Wenn der Wasserzusatz richtig getroffen war, so muß ein gleichmäßiger steifer Brei entstehen. Bei der Bildung von Kalkhydrat (CaO , H_2O) nehmen 100 Theile reiner Kalk 32 Th. Wasser, also nahe $\frac{1}{3}$, auf.

Als nächste Ursache der bedeutenden Wärmeentwicklung bietet sich der Uebergang des flüssigen Wassers in festes dar, insofern das Kalkhydrat als eine feste Verbindung jedenfalls das Wasser auch in diesem Zustande enthalten muß. Gesezt, man habe 3 Pfund gelöscht, so werden diese 1 Pfund Wasser (von 0°C . z. B.) binden und folglich in festen Zustand überführen. Bei diesem Uebergange wird eine Menge Wärme frei, welche hinreicht, 0,79 oder $\frac{4}{5}$ Pfund Wasser zum Sieden zu bringen. In der Praxis ist aber die Wärmeentwicklung viel bedeutender, denn es tritt bekanntlich noch Siedhize ein, wenn man den Kalk mit der dreifachen Menge Wasser übergießt. Es ist mithin der Uebergang des Wassers in den festen Zustand keineswegs die einzige Ursache der Wärmeentwicklung, welche mehr in der Aeußerung chemischer Thätigkeit überhaupt gesucht werden muß. Der deutlichste Beweis dafür liegt darin, daß sich der Kalk auch mit Schnee oder Eis erhitzt. — Wenn man einen großen Ueberschuß von Wasser nimmt, so wird sich die entwickelte Wärme mehr theilen und weniger intensiv werden, sie ist bedeutender bei geringerem Zufuge und erreicht ihren Höhepunkt, wenn man gerade so viel zufügt, als gebunden wird. Es ist beobachtet worden, daß alsdann die Hize bis zur Entzündung von Schwefel und Schießpulver, ja selbst von Holz steigt. Befeuchtet man den Kalk mit wenig Wasser im Dunkeln, so wird er glühend und leuchtet lebhaft; in diesem Falle hält der umgebende, sich nicht löschende Kalk die Hize zusammen. Im Allgemeinen ist die Hize um so bedeutender, je rascher sich der Kalk löschet, d. h. je reiner und je besser er gebrannt ist. — Wegen ihres Einflusses auf die Güte des Kalkes muß die Temperaturerhöhung stets beachtet und durch den richtigen Wasserzusatz im Zaum gehalten werden; wenn man den Kalk nämlich nur durch so viel Wasser löschet, als er aufzusaugen vermag, so bildet er kein zartes, sondern ein sandiges (grobkrySTALLINISCHES) Pulver, er ist »verbrannt«, d. h. durch Löschen mager geworden. Es hat also seinen guten Grund, daß die Maurer den Kalk nicht zu Pulver, sondern gleich zu Brei löschen. Man bedarf dazu etwas mehr als 3 Theile Wasser. Bei einem Versuche gaben $83\frac{1}{2}$ Pfund Müdersdorfer gebrannter Kalk durch Löschen 281 Pfund steifen Brei und hatten folglich $197\frac{1}{2}$ Pfund Wasser oder ihr $2\frac{1}{4}$ Gew. aufgenommen. Sein Volum wurde dabei auf's $3\frac{1}{2}$ fache vermehrt, eine Größe, die zuweilen auf $3\frac{1}{3}$ fällt, oft auf $3\frac{2}{3}$ steigt. Diese Volumvermehrung, in der Kunstsprache das »Gedeihen«, »Wachsen« genannt, hängt ebenso sehr von der Art zu Löschen, als von der Reinheit des Kalkes ab. Wird der Kalk z. B. nur kurze Zeit in einem Korbe untergetaucht, so daß er sich zu Pulver löschet, und dieses nachher mit mehr Wasser zu Teig angemacht, so ist die Vermehrung nur $2\frac{1}{2}$ Volumina; ist der Kalk vorher an der Luft zerfallen und dann zu Brei gelöscht, so giebt er nur 1,7 Volum.

Einwirkung
der Luft. Der Luft ausgesetzt, zerfällt gebrannter Kalk sehr langsam und ohne alle Erhizung nicht wie gewöhnlich, zu einem feinen, sondern einem rauh anzu-

fühlenden, groben, mit kleinen eckigen, ziemlich harten Stückchen untermischten Pulver, welches mit Säuren stark aufbraust. Der Kalk verwandelt sich dabei nie in reinen kohlensauren Kalk, selbst nach drei Jahren nicht, sondern wird unter gleichzeitiger Anziehung von Kohlensäure und Wasser zu der oben erwähnten Doppelverbindung, von welcher Fuchs gezeigt hat, daß sie aus gleichen Aequivalenten kohlensaurem Kalk und Kalkhydrat besteht, oder $\text{CaO}, \text{CO}_2 + \text{CaO}, \text{H}_2\text{O}$ ist. Die Bildung dieses Salzes dauert lange, erst nach 3 Monaten hört der Kalk auf, Wasser und Kohlensäure zu absorbiren. Wenn die Feuchtigkeit gänzlich ausgeschlossen ist, wenn man also trocknen Kalk auf trockne Kohlensäure wirken läßt, so wird selbst nach 8 Tagen keine Kohlensäure absorbirt. Es scheint daher die Bildung von kohlensaurem Kalk nur durch Zersetzung von Kalkhydrat vor sich zu gehen, bis ein Gleichgewichtspunkt zwischen der Anziehung des Wassers und der Säure zum Kalk eintreten ist.

Da man beim Bauen genöthigt ist, Kalk vorrätzig zu löschen, so pflegt man ihn gegen den Einfluß der Atmosphäre, welche ihn für die Anwendung zu Mörtel unbrauchbar macht, durch »Einsumpfen« zu schützen. Der Löschkasten befindet sich nämlich vor einer Grube, in welche man den gelöschten und zu Brei zergangenen Kalk hineinfließen läßt, bis sie angefüllt ist. In dieser Grube wird der Kalk nach einiger Zeit noch fetter, zäher und speckiger, indem sich die trägeren Theile und was sonst noch entgangen ist, nachlöschen. Das überschüssige Wasser sammelt sich oben an und kann abgenommen werden, worauf man die Grube unmittelbar einige Zoll dick mit Sand bedeckt. Auf diese Art hält sich der Kalk gänzlich unverändert. Als man, wie Fahn berichtet, in den Ruinen des Schlosses Landsberg im Meiningschen aufräumte, um den Grund zu einem Neubau zu legen, fand sich unter einem Gemölbe eine noch gefüllte Kalkgrube von beträchtlichem Umfange. Die Oberfläche dieser Kalkmasse war mehrere Zoll tief kohlensauer geworden, alles Uebrige dagegen war in dem Zustande des frisch gelöschten Kalkes, nur etwas trockner. Es wurde denn auch dieser über 300 Jahre alte Fund, dessen Werth mehrere hundert Gulden betrug, sofort in die Mauer des Neubaus verarbeitet.

Bekanntlich löst sich der gelöschte Kalk bemerklich in Wasser, und zwar erfordert 1 Th. Kalk 778 Th. Wasser von $15,6^\circ \text{C}$. Die Löslichkeit nimmt mit steigender Temperatur des Wassers ab, so daß schon für dieselbe Kalkmenge 1280 Theile siedendes Wasser erforderlich sind. Gelöschter Kalk als Brei ist demnach Kalkhydrat mit Kalkwasser, d. h. Kalklösung, gemengt. Die Kalkmilch enthält so viel von letzterem, daß das Ganze flüssig bleibt. Das Kalkwasser hat eine stark alkalische Reaction; man hat bemerkt, wenn man mit demselben Kalk mehrere Quantitäten Wasser nach einander sättigt, daß alsdann das erste Kalkwasser viel stärker alkalisch reagirt, als die folgenden. Die meisten Kalksteine enthalten nämlich Chlornatrium und kieselbares Alkali. Diese Salze werden durch den Einfluß des Aegkalkes zerlegt; es bildet sich Aegnatron und Aegkali, welche (bei Steinkohlenbrand) theils schweflige Säure aufnehmen und an der Luft dann zu Schwefelsäure werden, theils Kohlensäure, um kohlensaure Alkalien zu werden. In Berührung mit Wasser ent-

steht aus den letzteren wieder Kalkkali. Es ist dies für die meisten Verwendungen des Kalkes wichtig zu wissen.

Vom Luftmörtel.

Es ist bekanntlich ein Gemisch von Brei aus gelöschtem Kalk mit Sand, welches die Eigenschaft besitzt, in dünnen Lagen zwischen Mauersteine gebracht, nach und nach zur Festigkeit des Kalksteines zu erhärten und dadurch die Steine fest zusammenzukitten. Um die Grundsätze zu verstehen, von denen die richtige Mischung des Mörtels abhängt, ist es nöthig, sich zuerst mit einigen Erfahrungen vertraut zu machen, die hier von dem größten Einflusse sind.

Bloßer Kalkbrei ohne allen Zusatz erhärtet zwar ebenfalls, aber nur zu einer mürben Masse von geringem Zusammenhange, welche unfähig ist, die Theile eines Mauerwerkes gehörig zu verbinden. Nur dann allein, wenn die Kalklage eine sehr dünne Schicht bildet, z. B. zwischen zwei abgeschliffenen Steinen, kann allenfalls eine feste Verbindung eintreten. Man muß den Kalk verhindern, irgendwie Massen, wenn auch nur von einiger Dicke, zu bilden, die in sich wenig Zusammenhang haben. Man muß im Gegentheile, weil der Kalk nur gegen die fremdartige Steinoberfläche festhaftet, diese Oberfläche durch Einnengen von einem körnigen Steinpulver vermehren. Dies führt von selbst auf die Bedeutung des Sandzuges im Mörtel, welche allein eine vermehrte Berührung zwischen der Steinfläche und dem Kalk zum Zwecke hat. Die Gestalt der Backsteine und behauenen Steine ist stets so unregelmäßig, daß beim Aufeinanderlegen wenigstens linienweite, bei Bruchsteinen sogar zollweite Fugen bleiben. Kalk für sich, zwischen diese Fugen gebracht, würde daher linien- oder zollstarke Massen bilden, die nicht binden können. Wenn man aber dem Kalk ein sandiges Pulver irgend eines Steines untermengt, so hat man dadurch offenbar die Kalkmasse in eine große Anzahl dünner Schichten zertheilt oder eigentlich in Zwischenräume des Sandes angewiesen, wo er überall Anhaftungsfläche findet, um zu binden und die Bindung von Sandkorn zu Sandkorn auf den Stein zu übertragen.

Ferner ist es bekannt, daß selbst der beste Mörtel, wenn er rasch, z. B. auf dem Ofen u., getrocknet wird, gar nicht erhärtet, sondern zerreiblich und locker bleibt. Wenn also auch der Luftmörtel, unter Wasser getaucht, lose bleibt und nicht bindet, so gehört doch zum Erhärten in der Luft nothwendig die Vermittelung der Feuchtigkeit. Endlich, wie sich von selber versteht, ist der freie Zutritt der Luft unumgänglich.

Wenn diese Rücksichten im Auge behalten werden, so ergeben sich die nächsten Regeln von selbst. Wenn auch andere Steinarten, z. B. Kalkstein vom Korn des Sandes zu Mörtel tauglich sind, so wird man doch stets den Quarzsand als das Näherliegende wählen, aber das Korn ist nicht gleichgültig. Mit ganz feinem Sande wird der Mörtel zu dicht und der Luftzutritt zu sehr gehindert; Sand von linsengroßem Korn (besonders wenn es eckig und scharf) ist noch vollkommen brauchbar; bei ganz grobem Sand, oder Grand sind die Zwischenräume zu groß, um allein mit Kalk gefüllt zu bleiben. Es ist dann am

hielt bei der Zerlegung, unter Berücksichtigung dieses Umstandes, folgendes Resultat:

In Salzsäure aufschließbar:

Kieselerde	11,50
Eisenoxyd mit Spuren von Mangan .	11,77
Thonerde	17,70
Kalkerde	3,16
Bittererde	2,15
Kali	0,29
Natron	2,44

 49,01

In Salzsäure nicht aufschließbar:

Kieselerde	37,44
Eisenoxyd	0,57
Thonerde	1,25
Kalkerde	2,25
Bittererde	0,27
Kali	0,08
Natron	1,12

 42,98

Wasser mit Spuren von Ammoniak 7,65

 99,64

Während der erstere Gemengtheil des Traß im Wesentlichen ein Thonerde- und Eisen-Silicat, so ist der letztere beinahe reine Kieselerde, so daß in beiden alle Bedingungen eines hydraulischen Stoffes enthalten sind: Kieselerde (im Ganzen 49 Procent), um den zugefügten Aehkalk zu binden, 31 Procent Thonerde und Eisenoxyd, endlich fast 4 Procent Alkali, um sie in der oben bezeichneten Weise zu unterstützen und die Kieselerde-Verbindung aller dieser Basen in einem Zustande der Aufgeschlossenheit, in welchen andere Silicate, wie Thon u. erst durch Glühen mit Kalk versetzt werden. — Wie sich bei einer solchen aus Trümmern ungleich gemengten Masse erwarten läßt, sind die Ergebnisse verschiedener Analytiker nicht gleich. Man fand bis 57 Procent Kieselerde, bis zu 28 Procent, Thonerde und 8 Procent Alkali.

Die italienische Puzzolane fand Berthier aus 44,5 Procent Kieselerde, 15,0 Thonerde 8,8 Kalk, 4,7 Bittererde, 12,0 Eisen- und Titanoxyd, 1,4 Kali 4,1 Natron und 9,2 Wasser, also dem rheinischen Traß ganz analog zusammengesetzt.

Die
Puzzolane.

Eine Art Puzzolane von nicht vulcanischem Ursprung ist ganz neuerlich von Sauvage im Dep. der Ardennen entdeckt worden. Sie bedeckt daselbst die Thone des Gault, einer versteinierungsführenden Ablagerung am Grunde der Kreideformation. Sie ist von blaßgrauer, grünlicher Farbe, sehr weich und nach Sauvage von folgender Zusammensetzung:

lösliche Kieselersde (gallertartige) .	56
Thon	7
feiner Quarzsand	17
feiner grauer Kalk (Chlorit)	12
Wasser	8

 100

Merkwürdig ist die sehr bedeutende Menge löslicher Kieselersde, welche eine gute hydraulische Wirkung erwarten ließ, wie sie denn auch bereits von Vicat bestätigt ist.

Thon
als Cement.

Alle diese Zusätze, welche fetten gelöschten Kalk hydraulisch machen, werden wie oben bemerkt, „Cemente“ genannt. Puzzelane, Traß und alle ähnlichen Cemente gewähren den Vortheil, daß sie nicht erst durch Glühen, Brennen u. vorbereitet zu werden brauchen, sondern im natürlichen Zustande (versteht sich fein gepulvert, damit sie gehörig gemengt werden können) ihre Wirkung äußern. Ein Blick auf die Tabellen Seite 496, 497 und 498 zeigt sogleich, daß viele Thone in ihrer Zusammensetzung den vulcanischen Cementen sehr nahe kommen. Um aber eine gleiche Wirkung zu zeigen wie diese, müßten die Bestandtheile der Thone auch in gleichem Zustande sein, was keineswegs der Fall ist. Es müssen darum alle Thone, sofern sie zu Cementen dienen sollen, vorher durch Brennen aufgeschlossen werden, je nach der besonderen Beschaffenheit, mit oder ohne Zusatz von Kalk. Alsdann liefern sie aber sehr kräftige Cemente, wobei es indessen sehr bedeutend auf die Art des Brennens und die Temperatur ankommt. Treussart verfertigte aus einem zur Alaunfabrication in Straßburg dienenden Thon, der aus 50 Kieselersde, 32,7 Thonerde, 1,6 Bittererde und nur Spuren von Eisenoxyd bestand Ziegel, von denen er einen Theil in dem Alaunofen, einen anderen in einem Kalkofen brannte. Als der gebrannte Thon mit der Hälfte gelöschten Kalkes zu Mörtel angemacht worden, fand sich eine große Verschiedenheit: der aus dem Alaunofen erhärtete nach zwei bis drei Tagen damit und ertrug ein Gewicht von 400 Pfund, ohne zerknirscht zu werden, während der aus dem Kalkofen erst nach 30 Tagen erhärtete und unter gleichen Umständen bei 50 bis 60 Pfund brach. — Eine ähnliche Vergleichung zweier Mörtel, aus ebenfalls 1 Th. gelöschtem Kalk, und 2 Th. Cement welcher das eine Mal aus Thon für sich, das andere Mal aus mit 2 Procent Kalk aufgeschlossenem Thon bestand, zeigte diesen Einfluß zu Gunsten des letzteren Mörtels der in 17 Tagen erhärtete, während der andere 30 bedurfte.

Mehrere öffentliche Gebäude in Frankreich, u. a. der Canal St. Martin, sind mit einem künstlichen hydraulischen Kalk aus de St. Leger's Fabrik gebaut, welcher ein Thoncement enthält. Dieser hydraulische Kalk wird aus 4 Th. Kreide von Meudon und 1 Th. Thon von Passy (dem Volum nach) gerade so gemengt, wie man die Massen zu Fayence u. zu mischen pflegt. Die beiden Stoffe kommen zuerst mit Wasser unter eine Mühle mit stehenden Steinen, wo sie bis zu einer dünnen Schlempe zermahlen werden, die man zum Abfüßen in gemauerte Sümpfe abläßt. Nachdem das obenstehende Wasser abgezogen, und der Schlamm zu einiger Consistenz eingetrocknet ist, formt man Ziegel daraus, welche nach dem

Sand	1,3
Kieselerde (Gallerte bildend) . . .	2,6
Eisenoryd	2,1
Thonerde	0,15
Kalk	93,85

Erhärtung,
Ursachen der.
Silicat-
bildung.

100,00

so daß auf die 4,2 Th. Kalk in dem Mörtel höchstens 0,12 lösliche Kieselerde kommen. — Man fühlt sich also von selbst darauf hingeführt, den Ueberschuß der Kieselerde aus einem Einfluß des Kalkes auf den Sand zu erklären, d. h. der Bildung eines Kalksilicates auf nassem Wege aus diesen beiden Stoffen zuzuschreiben, einer Bildung, die nothwendig einen Theil zur Erhärtung beitragen muß. Dafür spricht schon der Umstand, daß in dem 300 jährigen Mörtel mehr und zwar 3 mal mehr lösliche Kieselerde enthalten ist, als in dem 100 jährigen. Um aus dieser Vermuthung zur Gewißheit zu gelangen, hat P e g h o l d t sogleich unmittelbare Versuche eingeleitet. Zu dem Ende wurden 10 Gramme vollkommen kauftischer Kalk aus carrarischem Marmor mit 30 Grammen verschiedener sandartigen Zusätze versetzt, und wie Mörtel sich selbst überlassen. Die Mischung Nr. 1 enthielt chemisch dargestellte geglähte Kieselerde; Nr. 2 Quarzpulver aus einem Stück schneeweißen Quarzes, der glühend abgelöscht, gepulvert und geschlämmt worden; Nr. 3 weißen Sand wie er in der Haushaltung zum Scheuern gebraucht wird; die groben Theile wurden erst durch Sieben, der Staub durch Schlämmen entfernt; Nr. 4 braunen, eisen-schüffigen ebenfalls geschlämmten Sand und Nr. 5 mit demselben braunen Sande, den man vorher gänzlich durch Waschen mit Salzsäure gereinigt hatte. Von jeder Nr. wurden 3 ganz gleiche Proben gleichzeitig angestellt, und zu verschiedenen Zeiträumen beobachtet. Es ergab:

		Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
Proc. lösliche Kieselerde	in einer 8 Tage	0,586	0,039	0,058	0,020	0,118
	in einer 5 Wochen	4,40	0,60	0,66	0,31	0,25

woraus hervorgeht, daß der Betrag der löslichen Kieselerde sich nach 5 Wochen verdoppelt bis verfünffzehnfacht hat und folglich die Bildung von Kalksilicat auf nassem Wege während der Erhärtung des Mörtels bewiesen ist. Daß diese Bildung einen Theil an der Erhärtung hat, ist gewiß, ob sie aber wesentliche Bedingung ist, wie P e g h o l d t meint, sehr unwahrscheinlich, weil nach der Erfahrung der Praktiker Quarzsand nicht nothwendig, sondern jeder andere Sand, wenn er auch nicht aus Kieselerde besteht, gleich tauglich ist. In dem Pompejanischen Hause in Aschaffenburg z. B. ist der Stucco ein Luftmörtel aus gelöschtem Kalle mit Kalksand. Ferner enthält der Mörtel römischer Bäder bei Gelnhausen, Dolomitafche, (eine Art Kalksand) statt des Quarzsandes. —

Ohne Zweifel hängt die Erhärtung des Mörtels auch noch von anderen

Erhärtung,
Ursachen der.
KrySTALLISATION.

als chemischen Ursachen ab. Dahin gehört die KrySTALLISATION des Kalkhydrats. Man muß sich erinnern, daß die Feuchtigkeit des frischen Mörtels nicht bloßes Wasser, sondern eine Kalklösung ist. Mit dem Austrocknen, also Verdunsten des Wassers, legt sich der gelöste Kalk nach und nach in sehr kleinen KrySTALLen an die Umgebung an. Diese KrySTALLen sind zwar spröde, so daß sie beim Drücken leicht zersplittern, sie vermögen aber einer Kraft, welche ausschließlich zerreißen wirkt, einen ungleich kräftigeren Widerstand zu bieten. Sind also die Oberflächen, woran solche KalkkrySTALLen anhaften, sehr genähert, so wird eine Kraft, die zu trennen strebt, an einem kurzen Hebel thätig sein und folglich mehr in einer Richtung jene KrySTALLen zu zerbrechen streben, in der sie gerade den größten Widerstand leisten. — Da wo die Feuchtigkeit des Mörtels mit der Luft zusammenkommt, also nach außen zu, wird die Kohlensäure den Kalk daraus niederschlagen, und zwar ebenfalls in kleinen KrySTALLen, mit denen es sich ähnlich verhält. Das Wasser nimmt neuen Kalk, führt diesen ebenfalls der Kohlensäure zu u. s. f., so lange noch Feuchtigkeit vorhanden ist.

Alles zusammengefaßt ist es am wahrscheinlichsten, daß die Erhärtung keiner Ursache ausschließend zukommt, sondern von allen zugleich bedingt wird, aber so, daß die Kalksilicatbildung und die KrySTALLISATION das anhaltende Festwerden und Versteinern, die Anziehung der Kohlensäure dagegen das schnelle Erstarren bewirkt.

Feucht-
werden und
Ausmitte-
lungen des
erhärtenden
Mörtels.

Bei dem Anziehen der Kohlensäure wird ein äquivalenter Theil Wasser aus dem Kalkhydrat abgeschieden, welcher zur Feuchtigkeit der Wände neubewohnten Zimmer und Häuser Vieles beiträgt. Die 2.-Klafter zollstarker Kalkmörtelverputz wiegt über 3 Centner und enthält 13 Pfund Kalk (CaO), an welche zwischen 4 und 5 Pfund Wasser gebunden sind. Bei einem Zimmer von 10 Klafter Verputzoberfläche macht dies schon 40 und etliche Pfund aus.

Schon vor Jahren ist (von Guntton und Carny) eine Methode, Soda aus Kalk und Kochsalz zu machen angewendet worden, wonach man beide mengt und eine Zeit lang liegen läßt, bis sich Auswitterungen von kohlensaurem Natron zeigen. Dieser Vorgang, wenn auch zu schleppend und für die Sodafabrication nicht brauchbar, zeigt doch, daß man den Kalk, oder Mörtel, nicht mit Wasser anmachen darf, welches Kochsalz enthält, am wenigsten mit Seewasser, weil dadurch nicht bloß kohlensaures Natron, sondern auch Chlorcalcium entsteht; dieses zerfließliche Salz macht die Wände und Mauern feucht und bewirkt Lockerheit. — Bei einer früheren Gelegenheit (Seite 278) ist gelehrt worden, daß wenn stickstoffhaltige Substanzen (Urin zc.) an Mauern in Fäulniß übergehen, die Gegenwart des Kalkes im Mörtel leicht eine Salpeterbildung einleitet. Man sieht alsdann bei diesem Mauerfraß den salpetersauren Kalk als weißen KrySTALLanflug ausblühen. Sehr gröblich würde man sich aber täuschen, wollte man jede Ausblühung an Mauern für die Folge des Mauerfraßes (der Salpeterbildung) halten. Selbst bei noch im Baue begriffenen Gebäuden, wo also von etwas der Art noch nicht die Rede sein kann, sieht man häufig im Frühjahr an den Mörtelfugen weiße, mehlig, oft krySTALLinische Anflüge zum Vorschein kommen; Vogel hat solche Anflüge untersucht, welche Klenze an der Glyptothek und anderen Neubauten in München gesammelt

hatte. Auch Kuhlmann hat diesem Gegenstande in Flandern ein umfassenderes Studium gewidmet, wodurch eine Menge interessanter Thatsachen entdeckt und die Ergebnisse von Vogel's Untersuchung bestätigt wurden. Nach beiden Beobachtern bestehen nun jene Anflüge aus: schwefelsaurem Natron, kohlensaurem Natron, Chlornatrium, kohlensaurem Kali und Chlorkalium. Sie entstehen ebenso gut in Mauern aus Sandstein als in Backstein-Mauern, und stammen folglich nicht von den Steinen her, ebenso wenig (wie Kuhlmann bewiesen hat) aus dem Sande, noch von dem Brennmaterial, womit man die Steine und den Kalk gebrannt hat. Die einzige Quelle dieser Alkalien sind vielmehr die Kalksteine selbst. Es ließe sich vermuthen, daß das Alkali aus der Asche der Brennstoffe an die Kalksteine übergeht; allein in geschlossenen Gefäßen gebrannt, zeigen die letzteren ebenso gut einen Alkaligehalt. (Seite 623.)

Vom hydraulischen Kalk.

Bei der Analyse der Luftkalksteine ist schon hervorgehoben worden, daß die Kalksteine durch ihren Gehalt an Kieselerde oder Silicaten, wenn derselbe ungefähr 10 Procent erreicht, andere Eigenschaften annehmen und die Fähigkeit erlangen, nach dem Brennen mit Wasser sich zwar träge und mager zu lösen, aber mit dem Wasser zu einem Teige angemacht, alsbald festwerden, und in diesem Zustande unter dem fortgesetzten Einflusse des Wassers einen bedeutenden Zusammenhang und steinartige Härte erlangen, ohne davon später wieder aufgelockert oder angegriffen zu werden. Sie sind darum für den Wasserbau ein unschätzbares Material und werden sehr passend »hydraulisch« (von hydor, das Wasser) genannt. Da die hydraulische Eigenschaft ein rein chemischer Vorgang ist, so kann derselbe nur aus dem chemischen Bestande der Steine erklärt und begriffen werden. Man muß sich also vor Allem mit diesen Verhältnissen vertraut machen. Die nachstehenden sind die Ergebnisse von Berthier's und die letzte Nummer von Kersten's Analyse:

Die frischen Kalksteine enthalten in 100 Theilen:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
kohlensaurer Kalk. . .	90,0	89,2	89,0	89,0	85,8	82,5	80,0	79,2	76,5		
„ „ Bittererde . . .	5,0	3,2	2,0	2,0	0,4	4,1	1,5	2,5	3,0	83,4	79,10
„ „ Eisenorydul . . .	—	—	—	—	6,2	—	—	—	6,0	3,0	
„ „ Manganoxyd . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	0,9
Kieselerde	—	—	—	—	—	—	17,0	6,5	11,6	13,97	19,14
Thonerde	—	—	—	—	—	—	1,0	3,8	3,6	—	—
Eisenoryd	5,0	7,8	9,0	9,0	5,4	13,4	—	—	—	1,72	1,70
Kohlenstoff	—	—	—	—	—	—	—	2,0	—	—	—
Wasser	—	—	—	—	—	—	1,0	—	—	—	—

Der daraus gebrannte Kalk enthält in 100 Theilen:

	87,0	84,0	82,0	82,0	83,0	79,3	70,0	74,0	68,3
Kalk	87,0	84,0	82,0	82,0	83,0	79,3	70,0	74,0	68,3
Bittererde	4,0	2,5	1,5	1,5	—	3,5	1,0	2,0	2,0
Thon	9,0	13,5	16,5	16,5	7,0	16,7	29,0	17,0	24,0
Eisenoryd	—	—	—	—	10,0	—	—	7,0	5,7

Zusammen-
setzung.

Nr. 1 Ist ein Kalkstein von Bougy im Depart. de Loire, blätterig, gelblich, mit Ammoniten und Muscheln erfüllt;

Nr. 5. Kalkstein von St.-Germain, dicht, dunkelgrau mit weißen Adern, blätterig, Graphit führend. In Lyon allgemein zu Wasserbauten gebraucht.

Nr. 2. Kalkstein von Chaunay bei Maçon, gelblichweiß, dicht, feinkörnig.

Nr. 3. Kalkstein von Digne (Jura), fest, mit Kalkspathschnüren. Graphit enthaltend, dunkelgrau.

Nr. 4. Kalkstein mit dem vorigen vorkommend; hellgrau, im Ansehen verschieden.

Nr. 6. Flözkalkstein von Nismes; dicht gelblich grau; als hydraulischer Kalk sehr geschätzt.

Nr. 7. Mergelkalk von Senonches (Depart. Eure und Loire); im Wasser zerfallend (nicht mehr nach dem Brennen). Nach dem Auflösen in Salzsäure bleibt Kieselersde im Rückstande, die sich vollständig in Aetzkali löst.

Nr. 8. Dichter Kalkstein; Vorkommen unbekannt.

Nr. 9. Flözkalk von Mez, dicht, erdiger Bruch, blaugrau.

Nr. 10. Kalkmergel von Blankenstein und Nr. 11. von Helbigsdorf bei Freiberg.

Die ersten 5 Nummern liefern einen Kalk von sehr mäßigen, die folgenden 4 einen Kalk von stark hydraulischen Eigenschaften. Wie man sieht, steigen diese mit dem Betrage der in Salzsäure unlöslichen Theile. Diese letzteren bestehen meist aus einer Verbindung von Kieselersde und Thonerde, oft aber auch aus beinahe reiner Kieselersde in löslicher Form. Es ist nun von größter Wichtigkeit, diesen in Säure unlöslichen Gemengtheil näher kennen zu lernen, weil von ihm die hydraulische Eigenschaft abhängt. Darum hat man in neueren Analysen demselben mehr Sorgfalt gewidmet. So in folgenden Beispielen:

Beobachter	Hermann Meyer.					
Ordnungsnummer	1	2	3	4	5	6
Kohlensäurer Kalk	67,86	66,99	49,06	76,82	62,47	39,72
„ „ Bittererde	5,62	1,67	29,32	2,81	1,35	28,48
„ „ Eisenorydul	3,30	6,95	16,83	3,21	5,85	7,50
Thonerde	—	0,39	—	0,89	0,93	—
Summe des in Salzsäure löslichen	76,78	76,00	95,21	83,73	70,60	75,70
Kieselersde	15,57	16,89	3,35	11,03	20,93	nicht bestimmt.
Thonerde	4,18	4,32	0,86	2,86	7,72	
Eisenoryd	1,13	1,72	0,43	1,86		
Kalk	0,15	0,005	0,06	0,12	0,12	
Magnesia	0,57	0,37	0,01	0,05	0,30	
Summe des in Salzsäure unlöslichen	21,60	23,30	4,71	25,92	29,07	22,98

Nr. 1. Kalkstein vom Krienberge bei Rüdersdorf (Berlin), findet sich ^{zusammen-} kaum anstehend unter dem Sande. Er gehört der obersten Abtheilung des ^{setzung.} Muschelkalkes an, ist in einem sehr verwitterten Zustande und kann als Luftkalk nicht gebraucht werden.

Nr. 2. Rundliche Kalknieren von der Insel Sheppen, gelbbraun, derb und fest. Diese Nieren dienen in England zum sogen. roman-cement und kommen im sogenannten Londonthon, einem Gliede des tertiären Gebirges vor.

Nr. 3. Kalkstein der Muschelkalkformation, welcher das Dachgestein der Bleierzlagerstätte von Tarnowitz bildet. Blaugrau, derb, fast krystallinisch.

Nr. 5. Cementstein von Hausbergen unweit der Porta Westphalica, von der mageren Sorte; verwitternd, dunkelblaugrau, schiefrig.

Nr. 4. Cementstein von demselben Orte, fetter. Bei der Cementfabrication werden beide Steine zu gleichen Theilen gemengt; sie gehören derselben Abtheilung des Jura an.

Nr. 6. Stein, woraus der Koch'sche Cement in Cassel bereitet wird; ein röthlich gelber, derber, dolomitischer Mergel aus dem unteren Muschelkalk.

Zu den im Obigen angeführten Analysen ist die Bemerkung hinzuzufügen, ^{Einfluß der} daß die hydraulischen Kalke, wie Kuhlmann besonders für den Londoner ^{Bestandtheile} und Boulogner Cement im Einzelnen nachgewiesen, im Durchschnitt noch reicher auf einander. an Alkali sind als die Luftkalke; ein Umstand der von den Analytikern in ähnlicher Weise übersehen worden, wie das Brom, Lanthion, Arsenik u. früher in den Mineral-Wässern. Man ersieht daraus des weiteren, daß sich die hydraulischen Kalksteine auf dem gewöhnlichen Wege der Zerlegung in zwei ganz verschiedenartige Gemengtheile scheiden lassen: in einen, ganz wie die Kalksteine zu fettem Luftkalk, aus kohlensauren Erden bestehenden, — und einen der sich als Silicat, oder ein Gemenge von Silicaten, der Thonerde, des Kalkes, der Bittererde und sehr häufig des Kali's, mit mehr oder weniger überschüssiger Kieselerde verhält, eine Art Thon. In seltneren Fällen ist dieser Gemengtheil, welchen mehrere Schriftsteller schlechtweg »Kieselthon« nennen, beinahe reine Kieselerde. So ist der Kalkstein vom Klingenhof bei Straßbessenbach im Speessart (eine Art milchweißer, sehr harter Dolomit aus dem Glimmerschiefer, welchen die Fayancesfabrik in Damm bei Aschaffenburg verarbeitet) aus Kalk mit 19 Proc. Bittererde und 40 Proc. Kieselerde mit nur Spuren von Thonerde zusammengesetzt. Beim Brennen hydraulischer Kalksteine müssen natürlich beide Gemengtheile, wenn der Kalk einmal seine Kohlensäure abgegeben hat, gerade so auf einander wirken, wie eine starke Base auf ein Silicat, d. h. es wird eine Aufschließung erfolgen. Diese besteht darin, daß sich der Kalk zum Theil in die Zusammensetzung des Silicates einschleibt, eine lockere Verbindung bildet als die ursprüngliche, die sich nunmehr ohne Schwierigkeiten in Säuren zerlegt. Es wird also durch das Brennen die Masse der Basen in dem thonigen Silicate vermehrt und den Säuren eine breitere Seite zum Angriff geboten. In der That sieht man die gebrannten hydraulischen Kalke sich (mit wenigen Ausnahmen) in Säuren auflösen und — zum Beweis, daß ein von Säuren zersetzbares Silicat vorhanden gewesen — eine dicke Kieselgallerte bilden. Mit dieser Fähigkeit, eine Kieselgallerte zu bilden, ist denn auch die

Erhärtung, Fähigkeit, mit Wasser zu erhärten, eingetreten, und steht damit in nahem Zusammenhang. Ungebrannte, gepulverte Steine erhärten bekanntlich nicht. — Man weiß allgemein, daß die hydraulischen Kalle nach dem Anmachen mit Wasser, Zusammenhang viel eher, als Härte gewinnen. Der angemachte hydraulische Kalk bildet zuerst eine zusammenhängende aber sehr weiche, zerreibliche Masse, die sich leicht mit dem Nagel rizen läßt; diese Masse nimmt erst viel später, wenn sie begossen oder unter Wasser getaucht wird eine Härte an, die der des Kalksteins gleichkommt und oft noch viel größer ist. Im Allgemeinen ist die Zeit, welche verschiedene hydraulische Kalle zum Erhärten bedürfen, ungemein verschieden, und folglich auch die chemische Kraft, welche die Erhärtung bedingt, sehr ungleich. Ebenso wenig ist der Härtegrad eine gleichbleibende Größe; sie kann bei langsam erhärtenden Kalken so weit und weiter gehen, als bei rasch erhärtendem. Die zur Erhärtung erforderliche Zeit kann sich von wenigen Minuten bis auf Wochen und Monate ausdehnen und hängt mit dem Betrage des thonigen Bestandtheils zusammen. Je reicher die Kalle daran sind, um so rascher erhärten sie. Insofern nun die Festwerdung und Erhärtung hydraulischer Gesteine von einer chemischen Wechselwirkung ihrer beiden Gemengtheile abhängt, insofern kann auch, wie bei jeder chemischen Thätigkeit, das Gewichtsverhältniß beider nicht gleichgültig sein und gerade so wie die Gesteine dieser Gattung mit abnehmendem Gehalte an dem kieseligen Gemengtheile abwärts in die Luftkalle übergehen, so giebt es denn auch in aufsteigender Linie eine Grenze, jenseits welcher die Gesteine wegen Ueberwiegen jenes Bestandtheils, also weil es ihnen an kohlensaurem Kalk gebricht, nicht mehr hydraulisch wirken. Solche Mineralstoffe sind es aber, die man ganz eigentlich unter dem Ausdrücke »Cemente« *) zu verstehen hat, worunter also alle Zusätze begriffen sind, welche gewöhnlichen Luftkalk hydraulisch machen. Im Verlaufe der Erhärtung ist oft eine deutliche Temperaturerhöhung bemerklich; auch verwandelt sich dabei in vielen Fällen das gebrauchte Wasser in eine Lauge, welche hinreichend ägendes Alkali enthält, um das bekannte schlüpfrige Gefühl zwischen den Fingern zu erzeugen. So z. B. der Casseler hydraulische Kalk. Es muß das Alkali nothwendig schon in dem Steine enthalten sein, und ist nur in der oben aufgeführten Analyse übersehen worden. — Der französische Ingenieur Vicat**), der sich das Studium der hydraulischen Kalle

*) Doch pflegt die technische Terminologie auch die an sich hydraulischen Kalle von sehr kräftiger Wirkung Cemente zu nennen, so der Casseler, Londoner Cement. Es ist übrigens schon an einem andern Orte auf die unsägliche Begriffsverwirrung hingedeutet worden, welche sich in Bezug auf den Kunstausdruck Cement in der technischen Sprache eingeschlichen hat. Man darf also hydraulische, wie die in Rede stehenden Stoffe, nicht mit dem verwechseln, was man in den Töpfereien, in den Stahlhütten und in der Metallurgie überhaupt Cement nennt.

**) Obgleich sich dieser Techniker in Frankreich einen bedeutenden Namen erworben und unter den Gerolden seines Ruhmes die ersten Männer der Wissenschaft zählt, so erscheinen doch seine Leistungen keineswegs damit im Gleichgewichte. Wenn man auch anerkennen muß, daß ihm die Ausübung viele werthvolle Beobachtungen verdankt, so hat ihn doch seine unverantwortliche Unkenntniß fremdländischer Literatur zu vieles Ueberflüssige thun und veröffentlichen lassen; sowie sein Unvermögen, von der Oberfläche der Beobachtung auf den wahren wissenschaftlichen Boden niederzubringen, die

förmlich zur Lebensaufgabe gemacht, hat dieselben, um sich und seine Leser besser zu orientiren, in Classen getheilt, welche in der nachstehenden Tabelle durch ebenso viele, als Typen dienende Beispiele vorgestellt sind:

Erhärtung.
Einfluß des
Brennens
darauf.

enthält Kieselfthon	mittelmäßiger hydraulischer Kalk	gewöhnlicher hydraulischer Kalk	höchst hydraulischer Kalk	Grenzkalk	schlechter Grenzcement	gewöhnlicher Cement	bester Grenzcement	Uebergang zur Puzzolane
vor dem Brennen (auf 100 kohlenf. Kalk)	12	20	25	30	37	56	156	510
nach dem Brennen (auf 100 Aeskalk)	22	36	44	53	65	100	273	900

Diese Eintheilung ist natürlich durchaus willkürlich, indem in der Natur nur Uebergänge, keine Classen vorhanden sind, gewährt aber, wenn man ihre wahre Bedeutung berücksichtigt, einige Bequemlichkeit. Schon darum müssen aber zahlreiche Ausnahmen stattfinden, weil die Erhärtungsfähigkeit eines und desselben Kalkes nach der Temperatur des Brennens verschieden ist; so geben viele Kalksteine der dritten Classe, wenn sie unvollständig (d. h. nicht bis zur völligen Austreibung der Kohlensäure) gebrannt werden, einen hydraulischen Kalk der nächst besseren Sorte. Vicat hat für einzelne Fälle den Grad des unvollkommenen Brennens durch den Betrag der zurückgebliebenen Kohlensäure bestimmt und die so festgehaltenen Abstufungen auf ihre Erhärtungsfähigkeit geprüft. So gab ein gewisser Kalkstein, wenn seine Kohlensäure ausgetrieben

war, bis auf	30 Proc.	27 Proc.	26 Proc.	23 Proc.	20 Proc.	10 Proc.
einen Mörtel welcher in	15 Minut.	12 Minut.	7 Minut.	9 Tagen	30 Tagen	9 Tagen

erhärtete, woraus man sieht, daß im Verlaufe des Brennens und mit der Zunahme der Menge des Aeskalkes nach und nach eine große Mannigfaltigkeit von Verhältnissen zwischen ihm und dem thonigen Bestandtheile entstehen, von denen eins, oder mehrere zugleich, vorzugsweise für die rasche Erhärtung geeignet sein können. Durch zu starkes Brennen, wenn eine anfangende Schmelzung eingetreten ist, werden die Kalksteine ungleich schwächer, als sie nach richtigem Brande sein sollten, und zuletzt ganz untauglich. Endlich muß erwähnt werden, daß hydraulische Kalksteine nie erhärten, wenn sie sogleich, ehe sie Zusammenhang gewonnen, in Wasser untergetaucht werden. In diesem Falle bleiben die Theilchen auseinandergeschwemmt und locker. —

Manche Kalksteine, besonders diejenigen welche den Uebergang von den hydraulischen zu den Cementen bilden, haben die sehr üble Eigenschaft, daß

Schuld ist, daß er in der unklaren Mitte zwischen Theorie und Empirie schweben blieb, und seine weitsehenden Abhandlungen außer ihm nur Wenigen verständlich sein mochten. Es wird also in dem Folgenden nur Weniges seiner Arbeiten berührt werden können.

einzelne Theile derselben noch nachträglich in's Löschchen kommen, nachdem das Ganze bereits erstarrt oder etwas erhärtet ist. Der Mörtel zerbröckelt sich dadurch, blättert sich ab, zerfällt und wird mit einem Wort unbrauchbar. Es scheint als ob in diesem Falle Kalktheilchen so eingehüllt seien, daß sie erst im Laufe des Erhärtungsprocesses bloßgelegt, oder durchdrungen werden und mit dem Wasser in Berührung kommen.

Brennen.

Der Brand der hydraulischen Kasse ist wie der der Kalkstein überhaupt, nur erheischen sie einen viel geringeren Hitzgrad. In Cassel z. B. dienen dazu Oefen, ähnlich wie der Fig. 250. abgebildete mit ununterbrochenem Gange, nur von kleineren Dimensionen und seitlicher Feuerung mit Koft. Die gebrannten Steine werden unter Stampfen gepulvert, gesiebt und als feines Mehl angewendet. Bei solchen hydraulischen Kassen die sich noch gut löschten, ist das Pulvern nicht absolut nothwendig. — Es ist dagegen ein großer Fehler, wenn der hydraulische Kalk, besonders im gepulverten Zustande, längere Zeit z. B. auf dem Transport, in Magazinen u. dergl. der Feuchtigkeit der Luft ausgesetzt ist; er verliert dadurch nach und nach seine beste Kraft und erhärtet sehr träge, oder gar nicht mehr. Auch bedarf es kaum der Erwähnung, daß hydraulischer Kalk in keinen größeren Vorrath angemacht werden darf, als man frisch weg verarbeiten kann. Was diesen Punkt betrifft, so hat Vicat gezeigt, daß ein guter hydraulischer Kalk, nachdem er bereits angezogen hat, nach wiederholtem Pulvern und Anmachen zwar aufs Neue anzieht, aber doch sehr langsam. Er verhält sich wie ein hydraulischer Kalk der geringsten Qualität.

Theorie
der
Erhärtung.

Im Vorhergehenden sind dem Leser die Eigenschaften der hydraulischen Kasse, so wie sie sich unmittelbar aus der Beobachtung ergeben, dargestellt worden; es bleibt somit noch übrig, die Erhärtung auf ihre theoretischen Ursachen — und insofern die Erscheinung überwiegend chemischer Natur ist — auf ihren Zusammenhang mit den chemischen Gesetzen zurückzuführen. Außerdem, was Berthier, Kuhlmann und Vicat darin geleistet, verdankt man die eigentliche Aufklärung der Frage den trefflichen Untersuchungen von Fuchs in München.

Die Betrachtungen und Schlüsse des Letzteren — um das Allgemeine voranzuschicken — laufen darauf hinaus, daß der Aeskalk und die Kiesel-erde die im hydraulischen Kalk enthaltenen Stoffe sind, durch deren chemische Thätigkeit die Erhärtung erfolgt. Dieses Endziel wird durch zwei Operationen erreicht: Beim Brennen tritt die Aeskwürdung des Kalkes durch Entkohlen-säuerung ein, während zugleich der entstandene Aeskalk auf den vorhandenen Kieselthon aufschließend wirkt, d. h. ihn in eine, durch Säuren leicht zersetzbare Verbindung verwandelt. Beide, der übrige Aeskalk sowie der aufgeschlossene Kieselthon, wirken nun beim Anmachen des gemahlten und gebrannten Kalkes so auf einander, daß ein steinartiges Silicat auf nassem Wege entsteht. Die Thätigkeit des Wassers ist hierbei offenbar eine doppelte. Zwei trockene Stoffe wie Kalk und das Thonsilikat wirken für sich sehr schlecht und nach Umständen gar nicht auf einander, ohne daß eine vermehrte Berührung des einen mit dem anderen durch die auflösende Kraft des Wassers vermittelt wird.

Während des Erhärtens wird aber das Wasser den aufgelösten Kalk unaufhörlich an die kieseligen Theile abgeben, wieder neuen Kalk aufnehmen, diesen ebenfalls der Silicatbildung zuführen u. s. f. Daraus erhellt auch, warum das Nachhalten des hydraulischen Mörtels nach dem Mauern eine so strenge Bedingung ist. Die andere Rolle des Wassers besteht darin, daß es selbst von dem entstehenden Silicate, als Hydratwasser gebunden wird. Man darf sich aber darum nicht einbilden, als ob die Erhärtung (so etwa wie beim Gyps) nur eine Anziehung von Hydratwasser von Seiten eines im Brennen erzeugten Silicates sei. Wenn dem so wäre, so müßten viele Silicate, die chemisch ganz ähnlich beschaffen sind, z. B. viele Zeolithe, nachdem sie durch gelindes Glühen ihres Hydratwassers beraubt sind, unter Wasser ebenfalls erhärten, was ganz gegen die Erfahrung ist. Es ist also im Gegentheil die Erhärtung ihrem wahren Wesen nach nicht sowohl ein Hydratwerden eines schon gebildeten Silicates, sondern vielmehr die Bildung eines gewässerten (hydratirten) Silicates, in einem einzigen Vorgang.

Ein Umstand von der höchsten Wichtigkeit ist hierbei der Molecularzustand der Kieselerde. Bekanntlich unterscheidet die Chemie zwei in ihren Eigenschaften abweichende Zustände von Kieselerde. In dem dichten krystallinischen Zustande als Quarz, Bergkrystall z. B. ist sie der chemischen Verbindung auf nassem Wege nur in sehr beschränktem Maaße zugänglich. Zu diesem Zwecke wird sie aber eben durch Aufschließen (z. B. mit Kalk) geeignet gemacht und dadurch in die amorphe, leicht sich verbindende Kieselerde übergeführt, welche u. a. den Opal bildet. Der natürliche Opal giebt schon für sich, im natürlichen Zustande, mit Kalk ein leidliches Cement; ebenso die chemisch niedergeschlagene Kiesel-erde. Dagegen ist, wie beim Luftkalk erwähnt worden, dieselbe Einwirkung des Kalkes auf den Quarz (=sand) nur unbedeutend, wird jedoch sehr mächtig, wenn man den Quarz vorher durch Glühen mit $\frac{1}{3}$ Kalk aufschließt. Chemisch gefällte Kiesel-erde oder Kieselgallerte entzieht dem Kalkwasser mit Leichtigkeit den Kalk, keineswegs so der gestoßene Quarz.

Einfluß der Kiesel-erde,

Die Stelle der Kiesel-erde können wie es denn bei der überwiegenden Mehrzahl der hydraulischen Kalke der Fall ist, verschiedene kiesel-saure Salze, oder Silicate vertreten. Dahin gehören die Thone als die wichtigsten.

des Thones.

Bei der großen Verschiedenheit der Thone kann unmöglich ein gleiches Verhalten derselben vorausgesetzt werden, allein sie liefern fast alle eine gut, einige eine sehr gut erhärtende Masse mit Kalk. Alle, besonders der Töpferthon, müssen vorher gebrannt werden. Wie aus dem Abschnitt über die Thonwaaren bekannt, so werden jene schon durch's bloße Brennen für sich in Säuren löslicher (theilweise aufgeschlossen). Bei einigen ist es aber nöthig, sie mit Kalk zu brennen. Der gemeine eisen-schüffige Ziegelthon bindet, gelinde gebrannt kaum, oder nicht mit Kalk; wird er heftig bis zu anfangender Schmelzhitze gegläht, so schließt das Eisenoxyd den Thon auf und es tritt dann eine kräftige Erhärtung mit dem Kalk ein.

Unter den Kiesel-erde-Verbindungen, welche außerdem Bestandtheile, oder Eigenschaften mit den im Kalk vorkommenden gemein haben, sind noch folgende von bemerkenswerthem Verhalten.

Einfluß des Eisens,

Liebrit (ein Mineral welches aus kiesel-saurem Kalk und Eisen besteht) zeigt sich beinahe ganz unwirksam, obgleich es 52 Procent Eisenorydul enthält; folglich kann dem Eisen keine andere als höchstens eine indirecte Wirkung wie im Ziegelthon zukommen. Dies beweisen auch die Schlacken; denn Schlacken mit hohem Eisengehalt und weniger Kiesel-erde (Trischschlacken) taugen nicht, während solche mit wenig Eisen und viel Kiesel-erde (Hohofenschlacken) sehr gut zum Erhärten mit Kalk taugen.

Der Prehnit (eine Verbindung von kiesel-saurer Thonerde mit kiesel-saurem Kalk und Hydratwasser) ist für sich fast wirkungslos; er zeigt aber die kräftigste Wirkung wenn er vorher gebrannt wird. Das Brennen macht ihn unter Gallertbildung in Wasser auflöslich.

Roh widersteht der Feldspath (S. 489. ff.) dem Kalk beinahe gänzlich; geschmolzen viel weniger, am wenigsten mit etwas Kalk aufgeschlossen, wo er mit noch mehr Kalk eine erhärtende Masse bildet. Ganz ähnlich verhält sich Glas.

der Thonerde,

für sich,

Die zeolithischen Mineralien, welche neben kiesel-saurer Thonerde, kiesel-saures Alkali, oder kiesel-sauren Kalk, oder beides enthalten, wie der Natron (2NaO, 3SiO₃, 3Al₂O₃, SiO₃ + 6aq.) der Natrolith (NaO, SiO₃ + Al₂O₃, SiO₃ + 2aq.) der Stilbit (CaO, SiO₃ + Al₂O₃, 3SiO₃, + 6aq.) lösen sich im natürlichen Zustande alle in Säuren unter Gallertbildung auf, und geben mit Kalk schon ungebrannt gute hydraulische Massen, besser noch, wenn sie gebrannt werden. — Daß weder in diesen Mineralien, noch in dem Thone die bloße Thonerde das Wirksame ist, beweist der Cyanit, der 54 Procent Thonerde an Kiesel-erde gebunden enthält und weder roh, noch geglüht von Säuren angegriffen wird, durch seine Widerspenstigkeit gegen den Kalk.

der Bittererde.

Dagegen ist zwar die Kiesel-erde der Silicate der wesentlich wirksame Stoff, aber nicht in jedem Verhältniß geschickt. Der Pechstein, welcher $\frac{3}{4}$, der Bimsstein, der ebenso viel, und der Obsidian, der $\frac{1}{3}$ seines Gewichtes Kiesel-erde enthält, sind kaum so wirksam wie Opal. Umgekehrt zeigen die an Bittererde reichen Silicate, wie der Speckstein (6MgO, 5SiO₃ + 4aq.), der Tremolith (3MgO, CaO, 3SiO₃) und der Diopsit (3MgO, 2SiO₃), auch der Talk nicht die geringste Neigung, sich unter Wasser mit dem Kalk zu verbinden; theils weil schon ein Uebermaß von Basen in der Verbindung vorhanden und theils weil die Verwandtschaft der Bittererde zur Kiesel-säure, die des Kalkes überwiegt. — Aus demselben Grunde wird umgekehrt die Neigung, unter Wasser zu binden, sehr stark vermehrt, wenn man einer kieseligen Verbindung einen bittererdehaltigen Kalk darbietet. Die dolomitartigen Kalle und Dolomite geben mit passenden Zusätzen einen viel besseren Wassermörtel, als die reinen Kalle; um so mehr, weil die Kiesel-erde mehr Neigung hat, ein Silicat mit zwei Basen zugleich, als mit einer einzigen zu bilden. Ein sehr schlagender Beweis von der Wirksamkeit der Magnesia in den dolomitischen Kalken liefert der Kalkstein von Tarnowitz (Nro. 3. der Tab. S. 630), welcher ganz gut erhärtet, obgleich sein Kiesel-erdegehalt nur 3,3 Procent beträgt. Er enthält aber 29 Procent Bittererde. Die beiden Basen, um die es sich hier handelt — der Kalk und die Bittererde — sind nach Fuchs auch für sich ohne Gegenwart von Kiesel-erde fähig, sich

unter Erhärtung unter Wasser zu verbinden. Auch Dumas fand, daß ein künstliches Gemenge von 3,68 Bittererde und 44 gebranntem Kalk (also nahe gleiche Aequivalente, was 50 Kalk entsprechen würde) gelöscht und zu Brei angemacht, unter Wasser nach etwa 9 Tagen einen bemerklichen Härtegrad annimmt.

Alle bisher niedergelegten Erfahrungen beweisen, daß die Kiesel-erde dem Kalk und der Bittererde gegenüber das wesentliche Agens ist, daß aber ihre Wirksamkeit ganz und gar von ihrem Cohäsionszustand und — wenn ein Silicat angewendet wird — auch von dem Grade abhängt, bis zu welchem sie von Basen gesättigt ist. Die Grenze der Sättigung ist durch den Wollastonit, ($3 \text{ CaO} \cdot 2 \text{ SiO}_2$) angedeutet, der 48 Kalk auf 52 Kiesel-erde enthält und weder gebrannt, noch ungebrannt die geringste Wirkung hat.

Was die Rolle anbelangt, welche die Thonerde beim Erhärten spielt, so ist diese nur eine befördernde und vermittelnde, denn es erfolgt auch Erhärtung in Fällen, wo gar keine Thonerde zugegen ist. Auf der anderen Seite fand Berthier, daß Gemenge von Kreide mit $\frac{1}{2}$ (als wasserfrei berechnet) Thonerde sich lösen, aber selbst nach Monaten nicht erhärten. Die so häufige Gegenwart der Thonerde in den hydraulischen Kalken giebt also nur Gelegenheit zur Bildung von thonerdehaltigen Doppel-Silicaten mit Kalk (nebst Bittererde, Eisen, Alkali etc.), welche die Kiesel-erde einzugehen eine stark ausgesprochene Neigung hat, wie denn unter anderen schon das häufige Vorkommen natürlicher Silicate dieser Classe beweist.

Auch die Alkalien vermitteln die Silicatbildung auf nassem Wege, obgleich in ganz anderer Weise. Wenn ein hydraulischer Kalk, oder ein ähnliches Gemenge Alkalien enthält, so werden diese im Laufe der Erhärtung der Masse zu einem sehr großen Theil, oder ganz ausgeschieden und finden sich im Wasser gelöst, welches dadurch alkalisch wird. Fuchs fand, daß aus aufgeschlossnem Feldspath durch Aeskalk auf nassem Wege 10 Procent, d. h. alles Kali; er fand, daß selbst aus dem kaliarmen Bims- und Pechstein ein Theil und aus dem Lithionglimmer Lithion, und Kali zugleich abgeschieden werden. Ebenso aus den meisten Thonen. Bei der Löslichkeit der Thonerde und der aufgeschlossenen Kiesel-erde in Kali ist kaum daran zu zweifeln, daß die Alkalien die hydraulische Wirkung der Kalke dadurch beschleunigen, daß sie den allmähigen Uebertritt der Kiesel-erde an den Kalk befördern und erleichtern. Man weiß wenigstens aus einer weitläufigen Untersuchung von Kuhlmann, daß Auflösungen von kiesel-saurem Alkali (von Kiesel-sfeuchtigkeit, Wasserglas) schon in der Kälte ihre Kiesel-erde an Kalk abgeben. Es geschieht dies ebenso gut an kohlensauern Kalk und Gyps als an Aeskalk, wobei der Kalk seine (Kohlen- = Schwefel-) Säure an das Alkali abtretend, dessen Kiesel-erde aufnimmt. Kreidepulver einige Zeit mit einer Auflösung von Kalisilicat zusammengebracht, bildet eine Masse, die nachher steinartig erhärtet. Ganze Stücke von Kreide eingetaucht, überziehen sich oberflächlich mit Kalksilicat, welche Bildung um so tiefer eindringt, je länger die Einwirkung gedauert hat. An der Luft erhärten solche Oberflächen, ohne ihre Gestalt weiter zu ändern, so stark, daß sie politurfähig werden. Auf diese Beobachtungen hin hat Kuhlmann die löslichen Alkalisilicate allgemein als ein Verkieselungsmittel vorgeschlagen, womit man Mauern, verputzte Wände etc. oberflächlich durch Erzeugung von

Einfluß der Alkalien.

Einfluss Kalksilicat härten soll. Eine andere Beobachtung von Kuhlmann, daß schwache hydraulische Kalke (z. B. der von Tournai) durch Calciniren mit 8 bis 10 Procent Potaſche in hohem Grade kräftiger werden, iſt bei dem Preise der letzteren mehr für die Theorie, als für die Praxis interessant. — Schließlich darf nicht übergangen werden, daß die Versteinerung des hydraulischen Kalkes durch Temperaturerhöhung, ſowie unter kräftigem Druck bedeutend befördert wird.

Die Anſichten die man früher wohl über die Erhärtung hydraulischer Kalke gehabt hat, ſo Gutton Morveau's, welcher dem Manganoryd die Hauptrolle zuschrieb, zerfallen in ſich ſelbſt.

des Manganoryds. Ein Blick auf die obige aus Beobachtungen gefolgerte Theorie zeigt, daß künstliche Gemische von einem passenden Silicat mit Kalk bei gleicher Behandlung ſo gut hydraulische Eigenſchaften zeigen müſſen, als natürliche. Die Erfahrung iſt in der That dieſem Schluß um Jahrhunderte vorausgeeilt. — Bei ganz alten Bau- denkmälern beruht die Feſtigkeit der Bauten zuweilen allein auf dem Gewicht und der Geſtalt der Steine. So bei den Baudenkmälern einer vorgeſchichtlichen Nation, welche wegen ihrer Maſſenhaftigkeit gewöhnlich »Cyclopiſche« genannt werden, ſo bei Aegyptiſchen Tempeln und ſelbſt noch bei der berühmten unter Tarquinius Superbus erbauten Cloaca maxima, einem Ableitungstunnel zur Reinhaltung der Stadt Rom. Der einzige Mörtel in den Ruinen von Babylon iſt Erpſech. Die Römer waren aber mit der Handhabung des Kalkmörtels ſowohl für Hoch- als Straßenbau vollkommen vertraut und machten alſobald die wichtige Entdeckung, daß eine gewiſſe halb weiche, poröſe, faſt erdige Bimſtein führende und dieſem in der Zuſammenſetzung ähnliche Feſſmaſſe, welche an der Küſte des Meerbuſens von Baiä und Neapel, beſonders bei Puteoli, vorkommt und von ihner Pulvis puteolanus genannt wurde, die ſchätzbare Eigenſchaft beſiſt, mit gebranntem Kalk hydraulisch zu erhärten. Das pulvis Puteolanus, ſchon von Vitruv und Plinius beſchrieben, wurde zu Waſſerbauten mit der Hälfte Kalk angemacht und iſt derſelbe Stoff, der noch heut zu Tage unter dem Namen Puzzolane ſo berühmt iſt. Die Stadt Puteoli hat bekanntlich heut zu Tage den Namen Pozzuoli.

Der Traß. In Deutschland eingebrochen und an den Rhein vorgebrungen erkannten die Römer alſobald in den Traßlagern bei Bonn das heimische Pulvis puteolanus wieder und eröffneten die dortigen Brüche, die noch bis heute jenes wichtige Material auf weit und breit hin liefern. Beide, Puzzolane wie Traß, ſind nichts als ein von Waſſer angeſchwemmtes Conglomerat aus Trümmern vulcaniſcher Geſteine, häufig Geſchiebe von Baſalt, Bimſtein, Trachyt, Thonschiefer einſchließend. Daher der Zuſammenhang der Puzzolane mit dem Veſuv, des Traſſes mit den Vulcanen der Eifel. Der Traß im Brohlthal iſt aus den Beſtandtheilen der trachtytiſchen Geſteine der Umgebung hervorgegangen und bildet ſehr mächtige, Thäler ausfüllende Bänke eines mürben, zerreiblichen Geſteins, deſſen Farbe im Allgemeinen hell, bald mehr in's Gelbe, bald ins Graue zieht. Es wird in zahlreichen Stampfmühlen in der Nähe des Fundortes gemahlen und als feines Pulver verſendet. Wie die meiſten Ausbruch-Geſteine, wie Baſalt, Klingſtein ꝛc. läßt ſich auch der Traß chemiſch in zwei verſchiedene Silicate zerlegen. Das eine iſt in Salzfäure ohne weiteres aufſchließbar, das andere nicht. Eisner er-

zweckentsprechendsten, besonders wenn mit unregelmäßigen Bruchsteinen gemauert wird, den Sandzusatz von zweierlei Korn zu gleicher Zeit, also Sand mit Kies oder Grand anzuwenden. Nur wenn der Mörtel dazu bestimmt ist, als dünne Schicht die Oberfläche der Wände zu bekleiden, muß feiner Sand genommen werden. Je eckiger und je weniger abgerundet die Sandkörner, je besser. Von großer Wichtigkeit ist das richtige Verhältniß zwischen Kalk und Sand, und es hängt die Güte und Festigkeit des Mörtels davon mehr als von jedem anderen Umstande ab. Fehler gegen ein gutes Mischungsverhältniß werden auch durch die Zeit nie verbessert.

Im Allgemeinen soll der Kalk hinreichend fein, alle Sandkörner an einander zu kitten, dabei aber zwischen den Sandkörnern auf die möglichst geringste Masse beschränkt bleiben. Es soll also nur so viel Kalk genommen werden, als nöthig, die Oberfläche der Sandkörner zu überziehen, oder so viel, daß der Kalk als feuchter Brei die Zwischenräume zwischen den Sandkörnern erfüllt. Diese Regel ließe sich auch dahin fassen, daß man für eine gegebene Menge Sand nicht mehr Kalk nehmen soll, als jener, ohne sein Volum zu vermehren, in sich aufnehmen kann. In der Ausübung pflegt man auf 1 E.-F. steifen Kalkbrei, 3 bis 4 E.-F. Sand (ungefähr 6 Theile dem Gewichte nach) zuzusetzen, wenn der Kalk fett oder sehr fett ist; magerer Kalk, den man gewissermaßen als schon mit einem Theile Sand versetzt betrachten kann, verträgt nur 1 E.-F. bis $2\frac{1}{2}$ E.-F. Sand. Der Sand soll rein, d. h. nicht zu eischüssig, noch zu thonig, am wenigsten aber, wie Dammerde, mit Humustheilen vermengt sein.

Wenn auch der Luftmörtel schon nach einigen Tagen oder wenigen Wochen hinreichend anzieht, um einer Mauer Widerstand gegen Druck und dergleichen zu verleihen, so schreitet doch die Erhärtung so langsam und nur so allmählig fort, daß sie ihren Höhepunkt — wo die Masse einer Mauer sich wie aus einem Steinstück verhält, — nicht nach Jahren, sondern erst nach Jahrhunderten erreicht. Die scheinbar so überwiegende Güte des Mörtels der alten gegen den der neueren Bauten, beruht lediglich in dem beträchtlichen Vorsprunge an Erhärtungszeit zu Gunsten der ersteren; um so gewisser, da sich kein wesentlicher Unterschied in der Mischung oder den Bestandtheilen nachweisen läßt. Wenn man also auf der einen Seite sieht, daß alte Bauwerke nur mit Pulver gesprengt werden können, wenn man sieht, daß durch die Gewalt des Pulvers von einem Thurme des Heidelberger Schlosses eine Hälfte abgesprengt und ungebörst auf der Erde liegt; so darf man nicht vergessen, daß bei anderen Bauten sehr entschieden das Gegentheil stattfindet, und nur eben das Feste und Dauerhafte der Zeit getrost hat, während das Schwache und Unhaltbare längst untergegangen. Ebenso wahrscheinlich ist es nun, daß unser Zeitalter in einer späteren Zukunft gerade so ein Muster des soliden Baues sein wird, als es das Mittelalter, und die Griechen und Römer für die Jetztzeit sind.

Die Erhärtung des Mörtels durch den Einfluß der Luft ist eine nicht so leicht zu erklärende Sache, als auf den ersten Blick scheinen dürfte. Man hat sogar darüber gestritten, ob sie eine Folge bloß physikalischer (mechanischer) oder

Erhärtung,
dazu nöthige
Zeit.

Erhärtung, ob allein chemischer Erscheinungen sei. Jedenfalls haben beiderlei Erscheinungen zugleich Antheil.

Anziehung der Kohlensäure.

Die Umwandlung des Kalkes (CaO , H_2O) in kohlensauren Kalk (CaO , CO_2) schlechthin, kann nicht die Hauptursache der Erhärtung sein; denn erstens zieht der Kalk (wie oben schon erörtert) an der Luft nur die Hälfte Kohlensäure an zu CaO , $\text{CO}_2 + \text{CaO}$, H_2O und zweitens ist es bekannt, daß selbst bei den festesten Mauern der Kalk im Innern noch kauftisch, d. h. kohlensäurefrei ist. — Als man in Dresden zum Zweck eines Theaterbaues einen Theil der sehr starken Festungsmauer, deren Alter sich auf dreihundert und einige Jahre beläuft, wegsprengte, benutzte P e g h o l d t die Gelegenheit, den Mörtel zu untersuchen. Ein Theil davon grob zerstoßen, mit Wasser übergossen, gab eine Flüssigkeit (Kalkwasser) die stark alkalisch reagirte. Folglich war noch ätzender Kalk vorhanden. Kalte Salzsäure zersetzte den Mörtel unter starkem Aufbrausen; nach 10 Minuten bildete die Lösung eine steife Gallerte, ein Beweis, daß ein Theil des Kalkes an Kiesel-erde gebunden war. Ein ganz gleiches Verhalten zeigte Mörtel eines 100 Jahre alten Hauses. Folgendes ist das Ergebnis einer Analyse beider Mörtel:

	300 jähriger	100 jähriger
	Mörtel.	
Sand (in der Salzsäure ungelöst bleibend) . . .	69,1 . .	79,8
Kiesel-erde (Gallerte bildend)	6,2 . .	2,1
Thonerde	0,4 . .	0,016
Eisenoryd	1,4 . .	0,16
Kalk (CaO)	4,2 . .	4,3
Wasser und Kohlensäure	18,7 . .	13,6
	100,0 . .	99,9

Es ergibt sich daraus zuvörderst, daß in diesen Proben das Verhältniß von Kalk zu Sand dasselbe ist, wie noch heut zu Tage, denn 4,2 Kalk entsprechen 14 G.-Th. Kalkbrei; auf welche in dem älteren Mörtel 69 Sand, d. i. das 5 fache, im jüngeren 79,8 Sand, d. i. das $5\frac{1}{2}$ fache des Kalkes kommen. — Es ist zu bedauern, daß P e g h o l d t versäumt hat, die an den Kalk gebundene Kohlensäure zu bestimmen, weil man daraus einen sicheren Maaßstab für den Einfluß gewonnen hätte, welchen die Kohlensäuerung des Kalkes auf die Erhärtung ausübt. Dagegen enthalten die obigen Zahlen das Maaß für eine andere chemische Thätigkeit, der die Mitwirkung auf das Festwerden des Mörtels nicht abgesprochen werden kann. Es ist die Menge der gallertartigen Kiesel-erde, d. h. das Vorhandensein von Kalksilicat im Mörtel. Wenn auch ein Theil dieser Kiesel-erde ursprünglich mit zur Thonerde gehörte, und als Thon in dem Kalk vorhanden war, also schon beim Brennen durch den Kalk in Säuren löslich wurde, so ist doch offenbar viel mehr vorhanden, als der Thonerde entspricht; denn der gebrannte Kalk von Maxen (von wo Dresden seinen Kalk von jeher bezog) enthält nur:

Silicats
bildung.

Trocknen in Kalköfen aber gelind gebrannt werden. Berthier fand in der ungebrannten Mischung: kohlensaurer Kalk 84 Procent, Kiesel-erde 10, Thonerde 5 und Eisenoryd 1 Procent. Wie man sieht, ist hier aller nöthiger Kalk von vorn- herein in der Masse: ein Theil dient zum Aufschließen des Thons und der Rest bildet mit dem entstandenen Cement die erhärtende Masse, welche für den Gebrauch mit Wasser gelöscht werden muß. Sie gedeiht dabei um 0,65 ihres Volums, wenn sie richtig gebrannt war.

Nach einem anderen späteren Patent von Briaut und St. Leger ist das Cement nicht Thon, sondern ein Kalksilicat. Nach der bekannt gewordenen Vorschrift sollen 4 Th. Kreide (oder reiner Kalkstein überhaupt) mit 1 Th. calcinirtem und zum feinsten Pulver gemahlenem Kiesel (Quarz, Feuerstein etc.) versetzt und das Gemenge wie oben gebrannt werden. Da die Gegenwart der Thonerde nach allen Erfahrungen vortheilhaft und Thon überall leichter zu haben ist und weniger mechanische Arbeit erfordert, als die kieseligen Mineralien, so ist ein besonderer Vorzug dieses Verfahrens nicht einzusehen und die Nachahmung nicht eben zu empfehlen.

Wenn man jedoch eisenfreien Kalk, Kreide z. B., genommen hat, so entsteht eine nach dem Erhärten ungefärbte, weiße Masse, was allerdings zuweilen eine wichtige Rücksicht sein kann.

Anstatt des Thons verwendet man auch wohl Abfälle von ähnlicher Beschaffenheit und Wirkung als Cemente wo sie gelegentlich zu haben sind. Dahin gehören ganz besonders die Rückstände vom Auslaugen der Alaun-schiefer und die Asche von Steinkohle, Braunkohle und Torf. Wie seiner Zeit S. 469 näher erörtert worden, durchbringen in den Alaunerzen ein thoniger und ein kohlenartiger (bituminöser) Bestandtheil einander so, daß nach dem Rösten und Auslaugen, wobei Thonerde entzogen wird, der thonartige Bestandtheil nicht bloß ziemlich aufgeschlossen, sondern auch reicher an Kiesel-erde, als vorher, und folglich in einem Zustande zurückbleibt, in welchem er für die Bindung des Kalkes unter Wasser sehr geeignet sein muß.

Ein Blick auf die S. 14, 19 und 21 vorgetragenen Verhältnisse zeigen, daß die Asche der fossilen Brennstoffe reichlich Kiesel-erde, Thonerde, auch Eisenoryd nebst Bittererde und zuweilen Alkalien enthalten. Da die Asche hochrothglühend durch den Rost fällt, so muß sie sehr bemerklich aufgeschlossen sein und es kann nicht auffallen, daß sie als Cement ohne weiteres mit dem Kalk erhärtet. Nach Anthon ist das beste Verhältniß, auf einen Theil zu Pulver gelöschten Kalk, die gleiche bis doppelte Menge Steinkohlenasche*) anzuwenden. Indessen möchte das rechte Verhältniß, bei der sehr veränderlichen Beschaffenheit verschiedener Aschen, für jeden Ort besonders zu ermitteln sein. Die Erhärtung eines Mörtels aus Kohlenasche und Kalk rührt übrigens zum Theil auch von Gyps her, wovon einige Braunkohlen $\frac{3}{4}$ ihres Gewichtes enthalten.

Der unter dem Namen »cendrée« sehr geschätzte Wassermörtel von Courmay wird aus den Abfällen gemacht, welche dort beim Brennen des Liaskalkes erhalten werden. Diese Abfälle, welche nach dem Ziehen des Stückkalkes zurückbleiben, bestehen aus kleinen Kalkstückchen und der Asche, woran die dort verwendete Kohle sehr reich ist, ungefähr im Verhältniß von 1:3. Das Gemenge wird

*) Hierunter ist wirkliche Asche, nicht die sogen. Cinders, ein Gemeng von wenig Asche und viel unverbrannten Roatabfällen zu verstehen.

mit wenig Wasser gelöst und vor dem Anwenden tüchtig geschlagen und durch-einandergearbeitet.

Römischer
Cement.

Endlich verdienen unter den cementähnlichen Zusätzen noch die gepulverten Schlacken aus Kupfer- und Eisenhütten Erwähnung, welche Silicate aus Eisenoxydul, Kalk und Thonerde sind.

Es ist in der Geschichte des Wassermörtels, die wie bemerkt in der Anwendung der Puzzolane und des Traß bei den Römern ihren Ausgangspunkt hat, sehr bemerkenswerth, daß man, je mehr sich die Kenntniß von der Natur desselben erweiterte, um so mehr hydraulische Kalksteine auffand und für den künstlichen Mörtel Cemente zu finden mußte; so daß, was anfangs das Eigenthum weniger begünstigter Orte zu sein schien, nunmehr fast überall zu haben ist. Einen bedeutenden Anstoß zum Studium der Natur und des Vorkommens der hydraulischen Kalksteine hat der roman Cement oder römische Cement gegeben, worauf Parker und Wyatt im Jahre 1796 in London ein Patent erhielten. Das Material dazu sind die unter dem Namen Septaria im Thon des London-Beckens vorkommenden, mehrere Zoll dicken Rollstücke von gedrückt-kugelter Gestalt. Sie finden sich nicht nur an den Themseufiern, sondern auch auf der Insel Sheppey, Wight, sowie an den Küsten von Kent, Yorkshire, Somersetshire. Die Analyse derselben ist bereits unter Nr 2 auf der Seite 630 angegeben. Man brennt sie in ununterbrochen gehenden Kalköfen mit Steinkohlen, unter einer höchst vorsichtigen Leitung des stets mäßigen Feuers. Nach dem Brennen werden die Steine unter schweren stehenden Mühsteinen zu einem feinen Pulver gemahlen und gesiebt, welches als fertiger Cement in dichten Fässern versendet wird und einen wichtigen Handelsartikel ausmacht.

Im Jahre X der Republik hat Lefage das Vorkommen ähnlicher Cementsteine auf der gegenüberliegenden französischen Küste bei Boulogne dargethan und nachmals D r a p i e r die Gleichheit derselben mit dem englischen durch die Analyse bewiesen.

Der »römische Cement« gehört zu den kräftigsten hydraulischen Kalken und ist dadurch so schätzbar, daß er nicht nur in wenigen Minuten erhärtet, sondern auch beim Erhärten selbst in dickeren Massen keine Risse zieht.

Später hat man denn ähnliche Kalkmergel an zahlreichen Orten gefunden und ausgebeutet, wo man sich nur die Mühe gegeben hat, zu suchen. So um ein Beispiel anzuführen, hat K i t t e l in Aschaffenburg die Kalksteine des Speßart durchforscht und allein in der Nähe dieses Ortes an 4 verschiedenen Punkten einen brauchbaren, an 2 Punkten einen vorzüglichen Mergel erhalten. Man hat sogar zuweilen hydraulische Kalksteine in einem und demselben Bruche mit fettem Kalk gefunden und ohne ihre Natur zu kennen, wegen ihrer Trägheit beim Löschen als unbrauchbar ausgehalten.

Alle künstlichen oder natürlichen hydraulischen Kalksteine lösen sich (nach und vor dem Erhärten) unter Abscheidung von Kiesel-erde in Salzsäure auf, es sei denn, daß Sand oder Aehnliches zugesetzt worden.

Einige praktische Bemerkungen mögen diesen Abschnitt beschließen. Alle hydraulischen Kalksteine, wenn sie nicht so kalkreich sind, daß sie sich noch lösen lassen, müssen sehr fein gepulvert werden; nur bei ganz feiner Zertheilung der Stoffe ist eine gehörige Einwirkung zu erwarten. Ohnehin findet nie eine völlige

Praktische
Bemerkun-
gen.

Durchbringung des kieseligen Theiles von Seiten des Kalkes Statt, sondern ein ^{Praktische} Theil bleibt umschlossen und eingehüllt. ^{Cementum} ^{gen.}

Ein Punkt, gegen den sehr häufig gefehlt wird, ist das Einhalten des richtigen Verhältnisses zwischen gelöschtem Kalk und Cement, wo man künstlichen hydraulischen Mörtel verwendet. Die beiden Ingredienzien müssen durchaus nach Maaß oder Gewicht, nicht nach bloßem Augenmaaß gemacht werden. Am besten beginnt man damit, das nöthige Cementpulver anzufeuchten und dann den frisch gelöschten Kalk unterzuarbeiten. Je gleichförmiger und inniger beide gemengt werden, um so besser wird der Erfolg sein.

Der hydraulische Mörtel zu dem berühmten Leuchthurne von Eddystone, ist von Smeaton aus gleichen Maaßtheilen zu Pulver gelöschtem Kalk und Puzzolane zusammengemischt worden. Gewöhnlich pflegt man den Traß und die Puzzolane dem Gewichte nach mit der Hälfte Kalk zu beschicken, wie die Römer bereits gethan. Jedenfalls möchte es gerathen sein, wofern man über die Beschaffenheit des einen oder anderen Bestandtheiles nicht sichere Erfahrungen hat, das beste Verhältniß durch einige Proben zu ermitteln.

Guter hydraulischer Mörtel, gleichviel ob aus natürlichem Kalkstein gemacht, oder aus Cement und Kalk zusammengesetzt, zieht auch ohne Sandzusatz keine Risse, wenn er unter Wasser erhärtet. Er bildet alsdann eine sehr dichte und feste Masse, welche nach einiger Zeit weder Wasser durchläßt, noch vom Wasser angegriffen wird und eine bedeutende Härte erlangt. Darum ist es gerathener, an denjenigen Theilen von Mauern, die stets vom Wasser bedeckt bleiben, den hydraulischen Mörtel ohne allen Zusatz anzuwenden. Wenn aber nicht bloß Erhärtung, sondern auch gehörige Bindung erfolgen soll, so darf man eine höchst wesentliche Vorsicht nicht außer Augen sehen, nämlich das Anfeuchten der Steinflächen, auf welche der Mörtel aufgetragen werden soll. Im entgegengesetzten Fall wirkt die Steinfläche (durch Aufsaugung der Feuchtigkeit) austrocknend auf die Oberfläche des Mörtels, es kann in Folge davon keine rechte Adhäsion stattfinden und die Fuge muß mehr oder weniger offen bleiben.

Daraus, daß der hydraulische Mörtel das einzige dauerhafte Material unter Wasser ist, darf man nicht schließen, daß derselbe bei trockenen Mauern keiner Anwendung fähig wäre. Er ist im Gegentheile auch für diese Fälle von ausgezeichnetem Nutzen, wenn es sich um Schutz gegen das Eindringen von Feuchtigkeit handelt, und sehr oft können feuchte Wohnungen und sonstige Räume durch passendes Anbringen eines hydraulischen Ueberzuges verbessert werden, weil dieser — einmal erhärtet — weit entfernt ist, die Feuchtigkeit so anzufaugen und durchzulassen, wie der poröse Luftmörtel. Es versteht sich übrigens von selbst, daß man den hydraulischen Kalk, so oft er an trockenen Mauern angebracht wird, sei es als Verputz, oder sonst wie, durchaus so oft und so lange begießen und anfeuchten muß, bis er seine gehörige Härte erreicht hat. Wird diese Bedingung vernachlässigt, so kann man nicht erwarten, etwas Anderes, als einen weichen, zerreiblichen unnützen Ueberzug zu erhalten. Wenn Feuchtigkeit zwischen der Wand und dem Verputz z. B. von unten eindringt, so wird sie wegen seiner Undurchdringlichkeit dort festgehalten und der Verputz bei darauffolgendem Frost unfehlbar abgeblättert. Ferner ist in Acht zu nehmen, daß der hydraulische Mörtel für sich,

Praktische
Bemerkun-
gen.

an der Luft nach der Hand eintrocknet, schwindet und folglich unganzz und rissig wird. Es ist also nothwendig, Sand oder ein ähnliches Material zuzusetzen, welches die Schwindung aufhebt. Der hydraulische Mörtel verträgt unbeschadet seiner Härte eine ziemlich bedeutende Menge Sand, das Unterhalbfache seines Gewichtes und mehr. Ein solcher Zusatz gewährt also zugleich eine namhafte Ersparniß. Das Korn des Sandes ist hierbei so wenig wie bei dem Luftmörtel gleichgültig: scharfes eckiges Korn ist dem stumpfen, abgerollten, entschieden vorzuziehen; auch nimmt man besser halb groben, halb feinen Sand, als Sand von einerlei Korn. Ferner soll der Sand möglichst frei von erdigen und staubartigen Theilen sein. Bei aus Kalk und Cement zusammengesetzten Mörteln ist die Regel, daß man so viel an Sand abbrechen muß, als man Cement zugesetzt hat, weil der gelöschte Kalk in Summa nur eine bestimmte Quantität solcher Stoffe bindet, die nicht überschritten werden kann und der Cement selber sich zum großen Theile unthätig, d. h. als Sand verhält.

Bei einem hinreichend rasch erhärtenden hydraulischen Mörtel kann man bei einem geeigneten Zusatz von Sand, ziemlich massive Gegenstände gießen, ohne daß diese nach dem Trocknen Risse bekommen. Dadurch ist eine Anwendung des hydraulischen Mörtels zu architektonischen, dem Sandstein ähnlichen Verzierungen möglich, die mit einer großen Schärfe der Form, einer bedeutenden Dauer und größerer Leichtigkeit im Vergleich mit Sandsteinfiguren, den großen Vortheil einer leichten Vervielfältigung verbinden. Es werden solche Ornamente in der Koch'schen Fabrik in Cassel aus dem dortigen Cement mit Sand vermischet angefertigt.

Eine ähnliche Anwendung ist das Gießen von Wasserleitungen und zwar gleich an Ort und Stelle in den Grund, wie sie von Gasparin vorgeschlagen worden. Die Form ist ein leinener Schlauch, wie an den Feuersprizen, von einigen Metern lang, der mit Wasser, angefüllt und an beiden Enden geschlossen wird. Es entsteht eine Wurst, welche man mit Sand übersiebt auf eine von hydraulischem Kalk gegossene Unterlage legt, und dann auch von oben mit hydraulischem Mörtel übergießt. Nachdem das Ganze erstarrt ist, zieht man den Schlauch bis auf einen Fuß hervor, gießt eine neue Strecke u. s. fort. Wasserleitungen der Art setzen aber ein gleichmäßiges Gefälle voraus, weil sonst der Sand unmöglich hinausgespült werden kann, ohne die Leitung zu verstopfen.

Wenn man den hydraulischen Kalk mit kleineren Steinen oder Flußkies mengt, so kann man auch Mauern unmittelbar gießen und erhält eine Masse, die dem aus Luftmörtel bereiteten béton der Franzosen entspricht. Zu Toulon wird für den Hafenbau eine Masse aus 3 Th. Kalk, 4 Th. Puzzolane, 1 Hammerschlag, 2 Th. Sand und 4 Th. Steingerölle (Grus) angewendet.

Die bedeutende Festigkeit der Mauern aus hydraulischem Mörtel geht am deutlichsten aus den Versuchen hervor, die man über das Zerbrechen gemauerter Balken angestellt hat. Ein 25 F. langer, $2\frac{1}{2}$ F. breiter Balken, aus 19 Lagen mit römischem Cement verbundener Ziegel bestehend, zwischen welche hier und da gleichlaufende Schienen von Reiseisen eingelegt waren vermochte an beiden Enden aufliegend, ein in der Mitte aufgehängtes Gewicht von 22 Tonnen (480 Ctr.) zu tragen, bis er anfang zu brechen.

Schließlich muß einer kürzlich von Fuchs und Schlotthauer der Mün-

chener Akademie der Künste vorgelegten Erfindung gedacht werden, welche eine neue Methode der Frescomalerei zum Gegenstande hat. Während in der antiken pompejanischen sowohl, als in der modernen Frescomalerei, die Befestigung der Farben auf einer Erhärtung von Kalk in der Luft beruht, so wird nach der neuen Methode die gefärbte Fläche in ein Kalksilicat verwandelt. Beide ältere Methoden verhalten sich also zur neuen, wie Luftmörtel zu hydraulischem. Während Frescogemälde der ersten Art nicht viel Dauer besitzen (es sei denn daß sie, wie die pompejanische, ihre Rettung einer langen Verborgenheit und Abgeschlossenheit von Luft und Licht verdanken), und die Kunst die Zerstörung der ersten Meisterwerke zu beklagen hat; so sollen die der neueren Art nicht nur dem Wasser, schwachen Säuren und Alkalien, sondern auch dem Witterungswechsel und der Strenge deutscher Winter widerstehen, ohne ihre Farbenfrische zu verlieren und so fest mit der Unterlage verbunden sein, daß sie weder von selbst, abblättern, noch überhaupt mechanisch davon getrennt werden können. Das Nähere des Verfahrens ist zur Zeit nicht bekannt, es scheint sich übrigens um eine Verkieselung einer Kalkmasse vermittelst einer Auflösung eines Alkalisilicates zu handeln, wovon oben die Rede gewesen.

Hydraulische Frescomalerei.

Vom Gyps.

Das was man in den Gewerben Gyps nennt, ist die Verbindung des schwefelsauren Kalkes mit Wasser; sie enthält 79,07 schwefelsauren Kalk auf 20,93 Wasser, oder 1 Aequiv. des ersteren auf 2 Aequiv. Wasser ($\text{CaO}, \text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$). Die beiden Aequiv. Wasser sind auf eine verschiedene Weise in dem Gyps gebunden und spielen eine sehr verschiedene Rolle. Während nämlich das eine Aequivalent gewöhnliches Krystallwasser ist, so ist das andere Aequivalent als salinisches Wasser, d.h. als Wasser vorhanden, welches durch Salze vertreten werden kann. Dieser Umstand enthält den Schlüssel zu manchen Eigenthümlichkeiten im Verhalten des Gypses. —

Begriff.

Der Gyps ist ein dem Urgebirge ganz fremdes Mineral, wird dagegen in allen späteren Bildungen, bei denen das Wasser Antheil hat, und zwar von den jüngeren Gliedern des Uebergangsgebirges an, bis herauf zu den Süßwasser-Ablagerungen der tertiären Formationen in Bufen und Becken gefunden. Im Uebergangsgebirge wird der Gyps nur in so beschränktem Maaße angetroffen, daß dasselbe als technischer Fundort gänzlich wegfällt. Dagegen sind die Glieder der secundären Formation und vorzugsweise der Lias, der bunte Mergel, der Keuper und der Muschelkalk ergiebige Lagerstätten. Noch umfassender sind die Gypsmassen des tertiären Gebirges. Sie unterscheiden sich von dem vorhergehenden, abgesehen von dem Alter, besonders durch das Auftreten von organischen Resten, Thierknochen, Muschelschalen u. und einem Gehalt an kohlensaurem Kalk, also allgemein durch eine geringere Reinheit. Das Becken von Paris ist das schönste Beispiel dieser Gattung.

Vertheilung.

Der Gyps löst sich in beiläufig 400 Th. Wasser, eine Löslichkeit welche durch Temperaturerhöhung nicht vermehrt wird. Es ist wahrscheinlich, daß der Gyps späterer Bildungen sich nach und nach aus Wasser niedergeschlagen hat, während in anderen Fällen derselbe aus dem Zusammentreffen von schwefelsauren Dämpfen (z. B. aus verwitterten Schwefelkiesen) mit kohlensaurem Kalk entstanden sein mag.

vorkom-
men.

Der Gyps bildet nicht leicht zusammenhängende Lager von großer Erstreckung und Ausdehnung wie viele Thone und Kalk, sondern findet sich bemerkenswerther Weise als unregelmäßige stockförmige Lager oder liegende Stöcke, nicht selten das Nebengestein durchbrechend und in dasselbe eindringend.

Bei aller Verschiedenheit des mineralischen Charakters, in welchem der Gyps vorkommt, macht sich doch stets dessen überwiegende Neigung zur Krystallinität geltend. Reine Gypskrystalle finden sich häufig und in bedeutender Entwicklung, oft als blättrige, schwalbenschwanzförmige, Zwillingskrystalle (Gypsspath). Oft haben solche Krystalle eine so bedeutende Ausdehnung, daß sich Blätter von mehreren Quadratfuß davon ablösen lassen, welche das bekannte Marienglas oder Fraueneis sind und wie Fensterscheiben gebraucht werden. Als geologische Masse unterscheidet man körnigen Gyps, eine compacte Masse aus Krystallkörnern; der bekannte zu Bildhauerarbeit dienende Alabaster ist eine weiße, durchscheinende Art davon, die sich bei ihrer großen Weichheit leicht mit dem Messer schneiden und abbrechen läßt. Der körnige Gyps geht auf der einen Seite in den dichten Gyps über, worin das krystallinische Korn von dem unbewaffneten Auge nicht mehr wahrgenommen wird, und auf der anderen Seite, aber nur untergeordnet, in den faserigen Gyps, der Spalt-ausfüllungen bildet. Der unreine, kohlensäure Kalk und thonenthaltende Gyps, wie der Pariser, ist meist körnig, in's Dichte übergehend.

Reiner schwefelsaurer Kalk ohne Wasser, sogenannter Anhydrit, kommt häufig in der Natur und zwar fast immer mit dem Gyps vor. So z. B. findet sich Anhydrit bei Dübendorf als Kern, in einer Masse von wasserhaltigem Gyps ringsum eingeschlossen. Er ist übrigens von keiner technischen Bedeutung.

Die Anwendung des Gypses ist theils die zu Bildhauerarbeiten, als Alabaster; theils beruht sie auf seinem bloßen chemischen Bestande, so in verschiedenen Fabriken als Zersetzungsmittel und als Dünger in der Landwirthschaft; theils endlich auf seiner Brauchbarkeit zu Abgüssen und mörtelartigen Massen. Für den ersten Fall ist zu bemerken, daß Alabasterarbeiten bei der schon merklichen Löslichkeit des Gypses unbedingt vor Feuchtigkeit zu schützen sind. Von den beiden anderen Anwendungen wird später noch die Rede sein; was jedoch die letzte betrifft, so ist es zum richtigen Verständniß der Technik des Gypses unumgänglich, sich mit seinem Verhalten gegen das Wasser vertraut zu machen.

eigen-
schaften.

Im luftleeren Raume über Schwefelsäure auf 100°C. erwärmt, verliert der Gyps die Hälfte seines Wassers, das Krystallwasser nämlich, und es bleibt CaO , $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Bei weiterer Temperaturerhöhung fängt auch das salinische Wasser an wegzugehen und entweicht vollständig noch unter 150°C. Etwas anders verhalten sich die Dinge in freier Luft; der Gyps verliert nämlich an der Luft, bei 100°C fast nichts von seinem Wasser, allein das Entweichen desselben beginnt schon bei einer geringen Erwärmung über 100°, ist aber nicht vollendet, ehe man 133° C. erreicht hat. Gyps, aus dem man das Wasser bei dieser Temperatur entfernt, zieht, wenn er auf's Neue mit Wasser zusammengebracht wird, dasselbe mit großer Kraft wieder an, indem er in die ursprüngliche Verbindung CaO , $2\text{H}_2\text{O}$ wieder zurückkehrt. Diese Bindung von Wasser findet schon nach wenigen Minuten Statt und zwar, wenn man das passende Verhältniß nicht überschritten hat, unter

bemerklicher Wärmeentwicklung. Wenn der Gyps vor oder nach dem Entwässern gepulvert war, so erstarrt das Pulver, mit Wasser zusammengerrührt, rasch zu einer porösen, erdigen Masse, welche die Form des Gefäßes annimmt, worin sie sich befindet. — Auf diesem Umstande beruht nun aber die Anwendung des Gypses zum Bildgießen, und zu Mörtel. Es ist aber ausdrücklich zu bemerken, daß der Gyps auf eine Temperatur erhitzt, die zwischen 133° (wo er alles Wasser verloren hat) und seinem Schmelzpunkte liegt, seine Fähigkeit, Wasser anzuziehen und zu erhärten, auf immer verliert. Er verhält sich alsdann, wie der natürliche wasserfreie Gyps oder Anhydrit, welchem die Erhärtungsfähigkeit ebenso wenig zukommt, als der oben erwähnten Verbindung CaO , SO_3 , H_2O oder krystallwasserfreiem Gyps. Es ist wahrscheinlich, daß die Abweichung im Verhalten des gutgebrannten Gypses und des Anhydrits in einer Molecularverschiedenheit liegt.

Die Entwässerung, oder das Brennen des Gypses und das Anmachen mit Wasser sind also zwei Hauptpunkte, welche zuerst erörtert werden müssen.

Das Brennen.

Die ganz feinen und reinen Sorten Gyps zum Gießen und Stuccaturarbeiten pflegt man zum großen Theile ungebrannt, als feines Pulver, in den Handel zu bringen. Gute Künstler ziehen es vor, als den sichersten Weg, das Brennen, worauf sehr viel ankommt, selbst zu besorgen, um so mehr da die Sache wegen der niederen dazu erforderlichen Temperatur ungemein erleichtert ist. Es genügt nämlich, das Gypspulver in einem reinen Metallkessel über einem sehr mäßigen Feuer zu erhitzen. Nach einiger Zeit sieht man eine Bewegung eintreten; die Masse im Kessel, von dem allenthalben sich entwickelnden Wasserdampf gleichsam in der Schwebel gehalten, stellt sich in's Niveau wie eine Flüssigkeit. Es bilden sich bald zahlreiche Krater, durch die der Wasserdampf entweicht, die aufs Neue aufbrechen, wenn sie durch das Umrühren verschüttet werden u. s. f. Aus diesen Bewegungen und der Art, wie sich eine darübergehaltene kalte Glas- oder Metallplatte beschlägt, kann man den Verlauf des Entwässerns sehr scharf beurtheilen und ist dadurch in den Stand gesetzt, den richtigen Augenblick zu erfassen, wo der Gyps die wahre Reife hat. Im Allgemeinen ist das rasche Erhärten des Gypses zu Kunstgüssen eine hervorragende Bedingung. Künstler haben nun die Erfahrung gemacht, daß völlig entwässerter Gyps nicht so rasch gesteht, als Gyps den man nur so lange gebrannt hat, als das Aufwallen dauert. In diesem Falle enthält der Gyps noch ungefähr $\frac{1}{4}$ von seinem Wasser. Die Ursache, welche dieser Erfahrung zu Grunde liegt, ist bis jetzt nicht ausgemittelt worden und um so weniger erklärbar, als halbwässriger Gyps (CaO , SO_3 + H_2O) mit Wasser durchaus nicht erhärtet.

des Emica-
tur-Gypses.

Statt eines Kessels, oder einer Pfanne, kann überhaupt eine heiße Metallplatte benutzt werden, man muß nur gehörig umrühren, damit die Wärme recht gleichmäßig wirkt, wenn man anders jener sicheren Leitung des Brennens gewiß sein will. Dieses ist nicht mehr in dem Grade der Fall bei dem Brennen des Gypses im Backofen, wie es ebenfalls sehr gebräuchlich ist. Zu dem Ende ist es besser, den Gyps nicht vorher zu pulvern, sondern die ausersetzten reinen Steine in nuß- oder eigroße Stücke zu zerschlagen, die man auf die Sohle eines geheizten Brodbackofens bringt. Bekanntlich haben diese Ofen von gewöhnlicher Einrich-

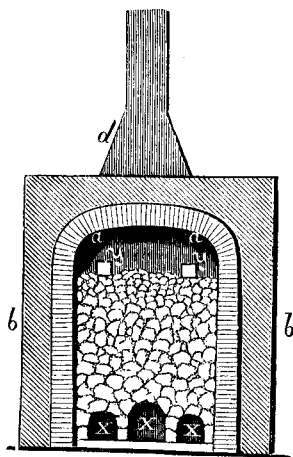
Das
Brennen
in Backöfen,

tung keine besondere Feuerung, sondern nur einen Arbeitsraum, auf dessen Sohle man eine gewisse Menge Reisig verbrennt. Das Backen geht alsdann lediglich mittelst der Wärme vor sich, die in der erhitzten Backsteinmasse der Wände aufgespeichert ist. Zum Gypsbrennen gehört ungefähr dieselbe Temperatur, wie zum Brodbacken, d. h. eine Temperatur, bei der man eben noch die Hand einiger Secunden hineinhalten kann. So wie die Ofensohle vom Feuer gereinigt und die Beschickung eingetragen ist, verschließt man das Mundloch. Nach einiger Zeit werden einzelne Stücke als Probe gezogen. Wenn diese auf dem weißen erdigen Bruche nur noch wenige glänzende, krystallinische, also nichtentwässerte Theile zeigen, so ist die rechte Beschaffenheit eingetreten und die Beschickung muß herausgenommen werden, um gemahlen und gesiebt zu werden. Da der gebrannte Gyps viel mürber und zerreiblicher ist, als der frische, so gewährt diese Verfahrungsweise darin allerdings einen Vortheil.

bei Paris,

Wo man mehr im Großen *) verfährt, also wie in Paris z. B. ein reiches Gypslager für einen bedeutenden Markt ausbeutet, bedient man sich eigener Gypsöfen zum Brennen. Alle derartigen Ofen sind — abgesehen von einer viel mangelhafteren Leitung der Temperatur — noch mit einem Uebelstande behaftet, der den beiden ersten Fällen ganz fremd ist. Er besteht nämlich darin, daß der eingesetzte Gyps mit dem Brennstoffe, oder doch mit der Flamme desselben in unmittelbare Berührung kommt. — Bekanntlich entzieht Kohle (auch Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff zc.) dem Gypse in der Glühhitze seinen Sauerstoff (CaO , $\text{SO}_3 + 4\text{C} = \text{CaS} + 4\text{CO}$), so daß Schwefelcalcium zurückbleibt, welches an der Luft, beim Anmachen, den Geruch nach Schwefelwasserstoff entwickelt.

Fig. 253.



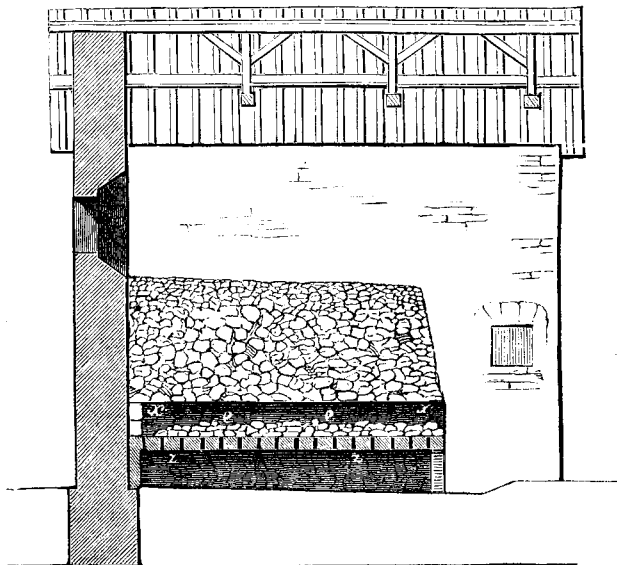
Die gewöhnlichste Einrichtung, Fig. 253, ist ein Mittel Ding zwischen Meiler und Ofen. Das Ganze bildet ein Viereck von 10 Fuß im Geviert und 9 Fuß Höhe, welches oben mit dem Gewölbe *a* bedeckt, von beiden Seiten mit den Mauern *b b* und von hinten mit der Mauer *c* (woran die Esse *d*) eingeschlossen ist. Die vordere Seite dagegen ist wegen des Beschickens und der Versorgung des Feuers gänzlich offen. Außer den genannten Umfangemauern ist nichts weiter vorgesehen und die Feuerungen im Innern werden jedesmal mittelst der Beschickung selber gebildet. Die Brenner wählen nämlich die dickeren Gypsblöcke zuerst aus, und setzen damit die gewölbten Kanäle *x, x, x* in der Richtung von vorn nach der Esse zu auf. Ueber diese Kanäle, welche die Feuerungen vorstellen, wird zuerst der Rest der

*) In Paris scheiden die Arbeiter in den Brüchen den gewonnenen Gyps in drei Sorten: die geringste, körnige formlose Massen bildend, enthält beiläufig 12 Proc. kohlen-sauren Kalk und dient zu Mörtel und zum Düngen; die zweite ist der reine, krystallinische Gyps, blätterig, durchsichtig, gelblich oder farblos, findet sich in Drusen oder Nestern von mehr oder weniger Umfang, dient zu Bildabgüssen; die dritte Sorte endlich ist ein Alabastrer.

größeren Blöcke, dann die mittleren Stücke, auf diese die kleinen Stücke und obenauf der Schutt und die Abfälle aufgeschüttet, worauf man in x, x, x ein Holzfeuer anzündet. Die Flamme entweicht durch die Zwischenräume und gelangt durch die Maueröffnungen y, y in die Esse.

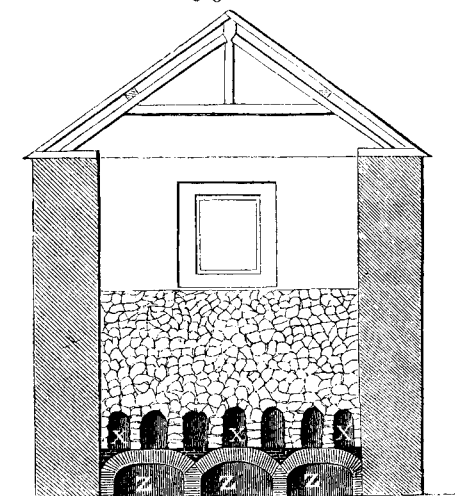
Wenn man statt Holz Steinkohle z . braucht, so kann man zwar dieselbe mit Steinkohle. Auffschichtung der Steine beibehalten, aber es muß alsdann für die Entfernung der Asche gesorgt werden. So in Fig. 254 und 255, wo unter den Gewölben x

Fig. 254.



die durchbrochenen, aus Backsteinen aufgemauerten Gewölbe z liegen. Auf diesem Gewölbe liegen die Steinkohlen e, e , während die Asche durch die Zwischenräume hinabfällt. Ein besonderer Kamin ist hier nicht vorhanden.

Fig. 255.

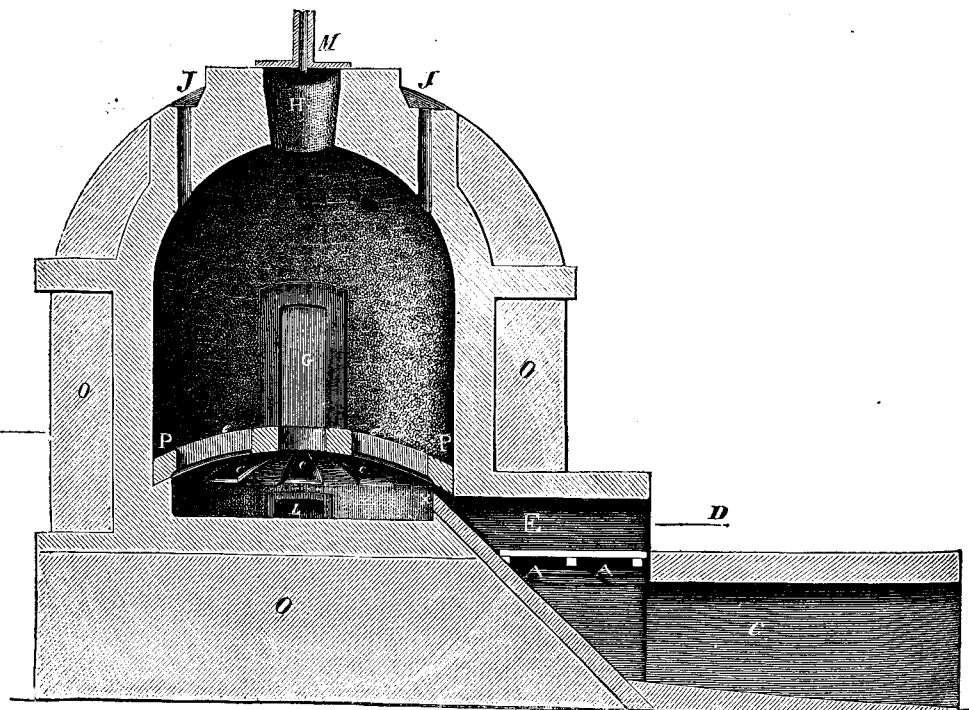


Nach 12 bis 16 Stunden, wo die unteren Gypsblöcke bereits rothglühend geworden, ist der Gyps der oberen Lagen hinreichend gahr. Bei der offenen Anlage dieser Defen ist das Feuer sehr schwierig, oder kaum zu leiten und stets eine viel höhere Temperatur vorhanden, als nöthig und zweckmäßig ist. Die unteren Gypsblöcke sind stets so

Das überhitzt, daß sie im Wasser nicht mehr binden, oder »todtgebrannt«, wie man es hier ebenfalls nennt, während die oberen Lagen nicht selten noch unvollkommen entwässert sind.

Der von Scane-gatty angegebene Ofen, Fig. 256, ist bei weitem empfehlenswerther.

Fig. 256.



Der gesammte innere Raum ist etwa 1 Fuß über dem Boden durch ein Gewölbe *P, P* in zwei ungleiche Theile getheilt. Der obere, worin der zu brennende Gyps theils durch eine Einfasöföfnung *G*, theils durch die Mundöföfnung *H* eingefest wird, ist mit 8 Zügen *J, J, J* versehen; den 9ten Zug bildet das Rohr in der Deckplatte *M*. Der untere Theil, der Feuerraum, steht mit der vor dem Ofen gelegenen Feuerung *E* in Verbindung. Der Zugkanal *C* endigt nämlich in dem Aschenfall unter dem Roste *A*, worauf ein Steinkohlenfeuer angezündet wird. Die Flamme tritt bei *x* unter das durchbrochene Gewölbe *P*, wo sie gleichmäßiger über den Querschnitt des Ofens vertheilt, durch die Schließe *e* desselben, aufwärts durch den Gyps nach den Zügen *J, J, J* gelangt. — Ist die Hitze nicht gleichförmig in dem Ofen, so öföfnet man die Register *J, J* an jener Seite, wo sie zu schwach ist, und man das Feuer hinleiten will, während man auf der entgegengesetzten Seite schließt. Die Oeffnung *L* dient zur Reinhaltung des Feuerraumes; diese, sowie *G* und *H*, sind während des Brandes geschlossen. Sobald die Temperatur bis zum Erscheinen des Wasserdampfes aus den Registern *J* gestiegen ist, sucht man sie auf dieser Höhe zu er-

halten und überzeugt sich von Zeit zu Zeit, ob eine darübergehaltene, kalte Metallplatte noch lebhaft mit Feuchtigkeit beschlägt. Wenn diese Erscheinung abnimmt, so werden alle Zugänge geschlossen, und man läßt den Gyps so 12 bis 15 Stunden erkalten. Der Ofen hat 325 C. F. Rauminhalt und faßt 220 C. F. Gyps, so daß etwa 100 C. F. auf die Zwischenräume kommen.

Das Verhalten des Gypses lehrt mehr als deutlich, daß das Brennen nur bei einer niederen und zwischen engen Grenzen eingeschlossenen Temperatur mit Erfolg stattfinden kann.

Dieser Anforderung und den mit dem freien Feuer verknüpften Uebelsständen gegenüber, wäre es unbegreiflich, warum man in der Praxis die alte Methode, wo es sich um den Betrieb im Großen handelt, nicht längst gegen das Brennen mit Dampfheizung, oder mit heißer Luft vertauscht hat, wie schon mehrfach vorgeschlagen worden, wenn nicht die Einfachheit und Wohlfeilheit der Behandlung eine naheliegende Erklärung böte. Am leichtesten ließe sich die Temperatur des Dampfes durch geeigneten Druck reguliren, während heiße Luft den Vortheil gewähren möchte, daß sie unmittelbar durch die Gypsmassen geleitet werden kann, was bei dem Dampfe unmöglich angeht. Ueberhitzung, Unterhitzung, Todtbrennen, Verwandlung in Schwefelcalcium u. würden gänzlich wegfallen.

Bei dem beschriebenen Ofen älterer Art ist es am mißlichsten, daß man den Gyps in großen Stücken einsetzt, oder einsetzen muß, die sich so schwer bis auf den Kern durchbrennen. Es ist also schon bei einem Ofen ein Vorwurf an sich, wenn seine Einrichtung das Kleinschlagen der Gypsblöcke bis zur Größe einer Nuß oder eines Eies verbietet. —

Das Pulvern des gebrannten Gypses hat bei seiner Mürbheit wenig Schwierigkeiten. Es geschieht theils in Stampfmühlen, theils unter stehenden Mühlsteinen, am häufigsten aber in Mühlen nach Art der Getreidemühlen, oder in diesen selber. Auch Walzenmühlen sind empfohlen worden. Ebenso geeignet wie Mühlen mit Steinen sind die Fig. 122 Seite 312 beschriebenen Pulveristronnen. Zum Abgießen von Medaillen, Bildwerken, auch zu Stuccaturarbeit, ist ein feines und gleiches Korn erforderlich; der Gyps muß zu diesen Zwecken einen gleichmäßigen Staub bilden.

Für die Wärmeentwicklung, welche jedesmal eintritt, wenn der Gyps Wasser bindet, gilt das Seite 622 über das gleiche Verhalten des Kalkes Gesagte. Obgleich der Gyps nur etwa $\frac{1}{4}$ seines Gewichtes an Wasser wirklich chemisch bindet, so hat er doch die Eigenschaft, noch zu einer festen, zusammenhängenden Masse zu erstarren, wenn er mit einem gleichen Gewichte und mehr, kurz mit so viel Wasser angemacht wird, daß er damit einen Brei bildet. Es entsteht nämlich durch Aufnahme der 2 Aeq. Wasser aus den Pulvertheilen ein poröses Hauswerk, oder vielmehr Gewebe von Gypskrystallen, welche den Ueberschuß in ihren Zwischenräumen mechanisch aufnehmen und beim Trocknen an die Luft abgeben. Anfangs ist die frischerstarre noch feuchte Gypsmaße sehr weich, gewinnt aber ihre volle Härte mit dem Austrocknen, wobei sich der im überschüssigen Wasser gelöste Gyps allmählig absetzt und die erstarrten Theilchen noch fester aneinander kittet. Erhärteter Gyps steht in seiner Härte weit unter den gewöhnlichen Steinen, und kann, obgleich er ziemlich klingend ist, doch leicht mit dem Fingernagel

Uebelsstände
beim
Brennen.

Das
Mahlen.

Das
Gießen.

Das
Gießen

gerichtet werden. Die Fähigkeit des Gypses mit einem großen Ueberschuß an Wasser noch zu erstarren, ist überaus wichtig, weil er natürlich nur als flüssiger Brei gehörig in die Vertiefung und Feinheit der Form eindringt. Für sehr zarte Formen, z. B. Medaillen, muß der Brei dünnflüssiger sein, als für gröbere Formen. Je dünner der Gyps aber angemacht war, um so lockerer und poröser der Guß und umgekehrt. Dieser nützliche Wink erfährt in der Praxis vielfache Berücksichtigung; so weiß man z. B. bei den Gypsformen für die Töpferei den nöthigen Grad von Porosität genau durch einen bestimmten Wasserzusatz hervorzubringen. Die Menge des Wassers hängt aber sehr viel von der jedesmaligen Beschaffenheit des Gypses und von dem Grade des Brennens ab; ebenso die Zeit der Erhärtung. Im Allgemeinen ist diese für gleichstark gebrannten Gyps um so bedeutender, je mehr fremde Theile er enthält (z. B. kohlensauren Kalk) und je verdünnter der Brei war.

Bei einem übermäßigen Wasserzusatz nehmen die Gypstheilen zwar davon das Nöthige auf, aber ohne einander zu binden; ebenso verliert gebrannter Gyps seine Erhärtungsfähigkeit, wenn er längere Zeit der feuchten Luft ausgesetzt war. Wird regelmäßig erstarrter Gyps in Wasser getaucht, so wird er darin mehr und mehr weich bis zum endlichen Zerfallen.

Bekanntlich gießt man zur Vielfältigung von Kunstwerken u. den Gyps vielfach in Gypsformen. Damit nun der Abguß nicht mit der Form zusammenwächst, tränkt man die letztere mit Del, oder besser mit einer Salbe aus Del und Seife, aber so, daß nichts davon über die Gypstheile hervorsticht. — Von der Härte und Dichtigkeit, die man dem Gusse zu geben wünscht, von dem Erforderniß einer raschen oder langsamen Erstarrung, von der Feinheit des Gegenstandes und endlich von der Beschaffenheit des Gypses selbst hängt es ab, ob man ihn zu einem flüssigeren oder steiferen Brei anmachen muß.

der Formen.

Bei der Nachbildung von Kunstwerken mittelst Gypses handelt es sich zunächst um die Herstellung der Form. Diese hat nur unbedeutende Schwierigkeiten, wenn der Gegenstand flach und einseitig ist, wie viele Medaillons, Münzen u., wo keine einspringende Winkel das Abziehen der Gypsform verhindern. Solche Formen werden aus einem Stücke gemacht.

Sehr bedeutend sind die Schwierigkeiten, wenn es die Gestalt des abgeformten Gegenstandes unmöglich macht, ihn aus der Gypshülle (der Form) herauszunehmen, ohne diese zu beschädigen oder zu zerstören, wie bei Statuen u. In diesem Falle muß die Form aus so viel Theilen angefertigt werden, daß man jeden einzelnen bequem von dem Modelle abziehen kann. Alle diese Theile zusammengefügt bilden nachher die Gießform. Es giebt drei Wege, solche Formen zu machen:

Entweder formt man die einzelnen Theile als ebenso viele gefonderte Gegenstände ab und fügt diese Theilformen nachher aus der Hand und unabhängig vom Modell (durch Zurichten der Kanten u.) zu einer einzigen Form aneinander;

oder man umgießt das Modell mit einer einzigen Gypsmaße, die man alsdann in Theile zerbricht und ablöst. Um dies mit mehr Regelmäßigkeit thun zu können, schneidet man von außen zuerst Fugen bis nahe auf das Modell ein. Alsdann springen die Theile nach der Richtung dieser Einschnitte.

Im ersten Falle hängt zuviel von der Geschicklichkeit des Künstlers ab und die Abgüsse werden selten treu. Bei der zweiten Art dagegen ist dies in hohem Grade der Fall, allein die zackigen Bruchränder bröckeln schon nach dem ersten Abgusse so stark aus, daß alsdann störende Gußnäthe u. s. w. entstehen. Deshalb ist der einzige Weg, zugleich scharfe und zahlreiche Abgüsse mit derselben Form zu erzielen, wenn man diese

Das
Gießen
der Formen.

endlich drittens, stückweise auf dem Modell gießt. Zu dem Ende begrenzt man den ersten Formtheil auf dem Modell mit einem Thonrande und gießt Gyps ein. Der erstarrte Formtheil wird nunmehr abgehoben, seine Ränder keilförmig abgeschragt, in dieselben ringsum halbkugelige Vertiefungen eingegraben, worauf man ihn fettet, wieder auf die betreffende Stelle des Modells aufsetzt, und einen zweiten Formtheil gerade daneben gießt. An jenen kugelförmigen Vertiefungen werden nun Erhabenheiten entstehen, mittelst welcher dann die Formtheile sicher und fest aneinandergepaßt werden können. So fährt man fort, bis der ganze Umfang vollendet ist. Eine solche Form liefert 60 und mehr gute Abgüsse, ehe die feineren Theile stumpf erscheinen.

Die meisten, besonders größere Abgüsse werden der Ersparniß und größerer Leichtigkeit halber hohl gegossen. Zu dem Ende gießt man erst sehr flüssigen Gypsbrei in die Form, die man so lange umschwenkt, bis derselbe eben starr wird, und bringt dann als zweite und Verstärkungsschicht die nöthige Menge von steiferem Brei ein. Ueberhaupt ist es sehr gerathen, bei besonders feinen Gegenständen und delicaten Formen zuerst einen Anstrich vom feinsten dünnen Gypsbrei mit dem Pinsel zu geben, und darauf erst zu gießen. So bei Münzen mit feinem Gepräge. Auch natürliche Blätter lassen sich vortrefflich abgießen, wenn man sie auf einer passenden Unterlage gehörig stützt, dann anstreicht und, wann sie steif geworden, mit einer dicken Schicht Gyps übergießt. — Besonders nützlich ist ein solcher Anstrich dadurch, weil keine Luftblasen an die Oberfläche kommen können.

Für das Abgießen von Gegenständen in den genauen ursprünglichen Dimensionen ist zu bemerken, daß der Gyps beim Erhärten sich um ungefähr 1 Proc. ausdehnt. Diese Ausdehnung wird natürlich compensirt, wenn man aus der Gypsform wieder einen Abguß von Gyps, (nicht aber von Metall u.) macht.

In Dren wie Paris, wird der Gyps in großer Menge als Mörtel zu Verputz angewendet. Während bei gelöschtem Kalk der Zusatz von Sand verbessernd und wesentlich ist, so findet bei dem Gypse das Gegentheil Statt. Er verträgt nicht viel, etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Sand oder Ziegelmehl, und erhärtet damit viel langsamer und schlechter, als im reinen Zustande.

Gypsbewurf an Wänden u. lassen sich leicht schleifen, poliren und färben, so daß sie den natürlichen Marmor täuschend nachahmen. Solche Arbeiten sind unter dem Namen Stucco bekannt, worunter man auch wohl architektonische Gypsverzierungen überhaupt versteht.

Stucco.

Für Stucco legt man zuerst einen Grund von rauherem, gröberem Gyps, worauf man den feineren Gyps mit Leimwasser anmacht und ebenfalls aufträgt. Damit man die gehörige Zeit hat, muß er so gerichtet werden, daß er erst in 20 bis 30 Minuten erstarrt. Durch Mitwirkung des Leimwassers wird der trockene

Stucco.

Ueberzug fest genug, um sich mit Bimsstein ebenschleifen zu lassen. Die eben geschliffene Oberfläche reibt man nunmehr, um alle Poren und Vertiefungen möglichst auszufüllen, mit Gypsbrei ein, den man mit stärkerem Leimwasser angemacht hat, was erforderlichen Falles wiederholt wird. Nach dem völligen Trocknen ist die Oberfläche durch den Einfluß des Leimwassers hart genug geworden, um mit Trippe! und Leinwandballen polirt werden zu können. Inzwischen tränkt man den Stucco mittelst einer Bürste mit Leinöl.

Durch Zusatz einer Erdfarbe, wie Mennig, Schüttgelb, Engelroth, Umbra, Kienruß, Indigo zc. zu dem Leimwasser, womit man nachher den Gyps anrührt, lassen sich alle Farben erzeugen. Wenn man ferner verschieden gefärbte Gypsschichten der Art übereinanderlegt, so wird der Durchschnitt gebändert; wenn man die Lagen durch Kneten und Dehnen verzieht und in einander verwebt, so wird er marmorirt erscheinen. In der That besteht der farbige Stückmarmor nur aus den Querschnitten solcher aufeinandergelegter Kuchen.

Das
Härten.

Bei der großen Weichheit und Nizbarkeit, folglich geringen Dauer des gegossenen Gypses hat man sich längst nach Mitteln umgesehen, diese Eigenschaft zu verbessern. Die Mittel und Wege, die man nach und nach ausgefunden hat, machen zusammen das, was man gewöhnlich das „Härten“ nennt.

Vorerst verdient eine Beobachtung Gay-Lussac's Erwähnung, wonach unter gleichen Umständen der härteste rohe Gyps auch nach dem Brennen den härtesten Guß giebt und umgekehrt. Eigentliche Härtungsmittel sind, neben dem Leime, beim Stucco, besonders die folgenden.

Nach Lissot wird der gebrannte Gyps nach dem Anmachen und Erhärten mehrmals abwechselnd in Wasser getaucht und dazwischen wieder getrocknet. Es scheint dieses Verfahren lediglich auf eine vermehrte Aneinanderkittung der Theile durch Krystallisation hinauszugehen.

Weit besseren Erfolgs und interessanter ist das anfangs von Pauware angegebene, nachher von Greenwood verbesserte Verfahren, Gyps mittelst Alaun zu härten, worüber neuerdings Elsner wichtige Erfahrungen bekannt gemacht hat. Man hat also zweierlei Alaunhärtungen zu unterscheiden.

Bei der ersten werden fertige Gypsgüsse mit Alaunlösung behandelt. Eine große Büste wurde einen Monat lang in eine Lösung von eisenfreiem Alaun in 12 bis 13 Th. Wasser von 15° C. gelegt, und nach Ablauf dieser Zeit abgespült und in einem warmen Luftströme getrocknet. Während sie vorher leicht mit dem Nagel gerisht werden konnte, zeigte sie nunmehr eine bedeutende Härte und farbte durchaus nicht mehr ab, wie sie vorher gethan. Sie ertrug sogar starke Schläge mit einem eisernen Hammer, ohne zertrümmert zu werden. Neben diesem Vorzuge zeigte sich dagegen der Nachtheil einen fleckigen, in's Graue gehenden Farbe und einer Unbeständigkeit gegen den Einfluß der Feuchtigkeit. In reines Wasser gesenkt, werden so gehärtete Abgüsse so weich, daß sie leicht Eindrücke der Finger annehmen.

Nach der zweiten Methode, mit Alaun zu härten, behandelt man Gypsblöcke, wie sie aus dem Ofen kommen, mit Alaunlösung wie oben — oder rührt gepulverten Gyps mit solcher Lösung an — und brennt dann zum zweiten Male im Gypsosen, oder im Tiegel, bei der Rothglühhiße. Anhaltende gleichmäßige Tem-

peratur ist sehr wesentlich dabei. — Der gealaunte und zum zweiten Male gebrannte Gyps hat ein mattes, milchweißes oder schwach isabellfarbenes Ansehen, und ist leicht pulverbar. Bei übertriebener Hitze werden die Blöcke an den Kanten steinhart, schwer pulverbar und sind wirklich todtgebrannt. Nichtig gebrannter Alaun-Gyps dagegen erstarrt nach dem Pulvern und Brennen ebenso leicht wie gewöhnlicher Gyps. Wird das Gypsmehl mit Wasser angemacht, so wird zwar das Wasser gebunden, aber das Product hat keine bemerkenswerthe Härte. Diese tritt nur dann gehörig hervor, wenn man das Pulver des gealaunten und gebrannten Gypses nicht mit Wasser, sondern mit Alaunlösung (mit $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{13}$ Alaun) anmacht. Gypsabgüsse bleiben, nach dieser Methode gemacht, etwas länger feucht, nehmen aber eine Härte an, die der des Abasters und Marmors gleichkommt, und erhalten besonders an dünnen Theilen und Kanten eine Art Durchscheintheit, welche ihnen das Ansehen dieser Steine giebt. Dickere Platten sind kaum mit Hammerschlägen zu zertrümmern. Die Oberfläche nimmt eine gute Politur an, und ist weiß, mit einem Stich in's Isabellfarbige. Platten, Monate lang allen Unbilden der Witterung im Winter ausgesetzt, bleiben unverfehrt, ohne im Mindesten ihre Härte zu verlieren. Die Oberfläche kann mit nassen Tüchern ohne die geringste Beschädigung abgewaschen werden. Ja weder Eintauchen in kaltes, oder stundenlanges Liegen in kochendem Wasser vermag dem gehärteten Gyps etwas von seiner Härte zu benehmen. (Elsner.)

Die chemische Erforschung des Vorganges der Gypshärtung durch Alaun ist bis jetzt eine bedauerliche Lücke geblieben. Vielleicht, daß zwischen dem schwefelsauren Kalke und der schwefelsauren Thonerde eine ähnliche Verwandtschaft existirt, als sie zwischen dieser und der schwefelsauren Bittererde bekannt ist.

Eine andere Eigenschaft des Gypses, die möglicher Weise damit in Beziehung steht, ist zum Schlusse noch zu erwähnen. Es ist nämlich am Eingange dieses Abschnittes darauf hingewiesen worden, daß 1 Aeq. Wasser im Gyps ein salinisches sei und folglich durch Salze vertreten werden können. Es findet bei der Bindung dieser Salze gerade so gut Erstarrung Statt, wie mit Wasser, ohne daß übrigens eine größere Härte solchen Gyps auszeichnet. Lösungen von kohlensaurem, schwefelsaurem, kiesel-saurem Kali bewirken eine weit schnellere Erhärtung als Wasser; bei weinsäurem Natronkali oder Seignettesalz erfolgt sie augenblicklich. Die erhärtete Masse sieht aus wie gewöhnlicher Gyps, erhärtet aber von Neuem, wenn sie wieder gepulvert und mit der Lösung eines Kalisalzes angemacht wird. Doppelt kohlensaures Kali wird vom Gyps zersetzt, indem Kohlensäure entweicht; Aetzkali zerlegt einen Theil des Gypses, worauf in beiden Fällen Erstarrung erfolgt. Chlorsaures, salpetersaures Kali und die Natronsalze wirken nicht dahin.

Verichtigungen zum ersten Band.

Seite	1	Zeile 1	und 2	von unten	lies »die Natur der Körper« statt »ihre Natur«.
»	3	» 22	»	»	»Wehr« statt »Wahrhaftigkeit«.
»	9	» 3	»	»	» 250 statt 240.
»	12	» 22	»	»	»8fache« statt »12—20fache«.
»	13	» 9	»	oben	»Tenne« statt »Tonne«.
»	14	» 1,	2 und 3	von unten	lies »74,3, 75,6 und 49,0« statt »74300 u. f.w.«.
»	15	» 13	von oben	streiche	»nach Abzug des Aschengehaltes«.
»	16	» 22	von unten	lies	»Verständniß« statt »Verhältniß«.
»	21	» 11	»	»	»Gangen« statt »Ganges«.
»	27	» 20	» oben	»	»Körpern« statt »Körper«.
»	27	» 23	»	»	»Bestandtheile« statt »Bestantheile«.
»	34	» 1	unten	»	»2700—2900« statt »2250«.
»	40	» 8	»	»	»0,106« statt »1,06«.
»	42	» 16	»	»	»100—150« statt »50,000—70,000«.
»	44	» 10	» oben	»	»27« statt »47«.
»	44	» 11	»	»	»78« statt »45«.
»	55	» 2	» unten	»	»Prevostage« statt »Prevostage«.
»	56	lies in der unteren Tabelle	Columnne 3	statt »Gew.Th.«	»Pfd.« und rücke in der letzten Columnne das Decimalzeichen um eine Stelle weiter.
»	58	lies in der letzten Columnne	vor »Bedarf«	»1 Pfd.«.	
»	60	unter »Kühnert« und unter »Regnault«	setze man	»bedarf Gew.Thl. Sauerstoff«.	
»	61	unter »Anthracite«	Columnne 3	der Tabelle	streiche »Pfd.«.
»	89	Zeile 10	von oben	lies	»nur« statt »nun«.
»	95	» 9	»	»	»H ₂ O« statt »3 H ₂ O«.
»	133	» 16	» unten	»	»1798« statt »1789«.
»	137	Columnne 6	oben,	lies	»8,8« statt »88«.
»	158	Zeile 14	von unten	lies	»Delz — Kohlengas« statt »Kohlenz — Delgas«.
»	165	Columnne 3	setze neben	»Mäböl«	»Gramm«.
»	197	Zeile 21	von oben	lies	»N ₂ O ₄ « statt »N ₂ O ₂ «.
»	199	» 14	»	»	»N ₂ O ₂ « statt »N ₂ O«.
»	213	Columnne 1	lies	»Lymington«	statt »Gymington«.
»	222	Zeile 3	von unten	lies	»Gtr.« statt »Pfd.«.
»	239	» 6	»	»	»Kohlen und« statt »Kohlenz«.
»	344	» 1	» oben	»	»Lauge« statt »Laune«.
»	388	» 21	» unten	»	»leptere« statt »erßtere«.
»	»	» 22	»	»	»erßtere« statt »leptere«.
»	405	» 9	»	»	»Verz« statt »Entglasung«.
»	412	» 2	»	»	»Anlegen« statt »Anlagen«.
»	414	» 4	»	setze nach	»17« »Kalk«.
»	432	» 21	»	lies	»SiO ₂ « statt »SiO ₃ «.
»	442	» 15	» oben	»	»Cassius« statt »Cassius«.
»	448	» 19	» unten	»	»Gr ₃ « statt »Quarz«.
»	569	» 15	» oben	»	»Salvetata« statt »Salvetota«.
»	646	» 11	» unten	»	»Kryßall« statt »Kryßal«.

